DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Vierzehnter Jahrgang | 26. März 1926 | Heft 13

Physikalische Gesetzlichkeit
im Lichte neuerer Forschung[1]).

Von Max Planck, Berlin.

In der Zeit ernster Not und tiefer Demütigung, welche unser hartgeprüftes Vaterland gegenwärtig zu erdulden hat, muß jeder Deutsche es als Ehrenpflicht empfinden, sich freudig zu seinem Volke zu bekennen und in dem ihm gewiesenen Wirkungskreise nach seinen besten Kräften an dem Wiederaufbau des Zerstörten mitzuarbeiten. Auch auf dem Gebiete der Kulturgüter haben wir schwere Einbußen erlitten, und es gilt die Anstrengungen zu verdoppeln, damit Deutschland allmählich seinen früher mit Ehren und mit wachsendem Erfolge behaupteten Platz unter den Völkern zurückgewinnt. Wenn wir gewahren, daß es gegenwärtig immer noch große, sich als international bezeichnende wissenschaftliche Organisationen gibt, welche in ihren Satzungen die Beteiligung deutscher Gelehrter ausdrücklich ablehnen, so muß es diesen ein verstärkter Ansporn sein, durch den Umfang und durch die Gediegenheit ihrer Arbeit den Nachweis zu liefern, daß die deutsche Wissenschaft noch lebendig ist und nicht ohne Schaden für den allgemeinen wissenschaftlichen Fortschritt ignoriert werden darf. Und wenn der einzelne auch nur einen kleinen bescheidenen Teil zu dem Gesamtwerk zu liefern vermag, so trifft ihn doch das volle seinen Kräften entsprechende Maß der Verantwortung für den Wert dessen, was er zu dem großen Schatz der internationalen Wissenschaft beisteuert.

Um von solcher Gesinnung Zeugnis abzulegen, habe ich der ehrenvollen Einladung gerne Folge geleistet, hier in Düsseldorf, an dieser echt deutschen Kulturstätte, welche die schweren Folgeerscheinungen des Krieges auch an sich selber in vollem Maße erleben mußte, über ein meinem speziellen wissenschaftlichen Gebiet entnommenes Thema zu berichten, und bitte Sie heute, einige Betrachtungen über physikalische Gesetzlichkeit im Lichte neuerer Forschung vor Ihnen entwickeln zu dürfen.

I.

Was verstehen wir unter physikalischer Gesetzlichkeit? Ein physikalisches Gesetz ist ein jeder Satz, welcher einen festen, unverbrüchlich gültigen Zusammenhang zwischen meßbaren physikalischen Größen ausspricht, einen Zusammenhang, welcher es gestattet, eine dieser Größen zu berechnen, wenn die übrigen durch Messung bekannt sind. Eine möglichst vollständige Erkenntnis der physikalischen Gesetzlichkeit ist das höchste, heiß ersehnte Ziel eines jeden Physikers, mag er sie nun lediglich vom Nützlichkeitsstandpunkt aus bewerten, indem er ihren eigentlichen Wert darin erblickt, daß uns durch sie die Ausführung kostspieliger Messungen erspart wird, oder mag er, weitergehend, in ihr die Befriedigung eines tiefen inneren Wissensdranges und die feste Basis für seine Naturanschauung suchen.

Wie gelangen wir nun zur Feststellung der einzelnen physikalischen Gesetze, und wie sehen dieselben aus? Zuvörderst dürfen wir es durchaus nicht als von vornherein selbstverständlich betrachten, daß eine physikalische Gesetzlichkeit überhaupt existiert, oder daß sie, wenn sie auch bisher existiert hat, auch in Zukunft stets in gleicher Weise existieren wird. Es wäre durchaus denkbar, und wir könnten nicht das mindeste dagegen machen, wenn die Natur uns eines schönen Tages durch den Eintritt eines völlig unerwarteten Ereignisses ein Schnippchen schlüge, und wenn es uns trotz aller Anstrengung niemals gelingen sollte, in den entstandenen Wirrwarr irgend eine gesetzliche Ordnung hineinzubringen. Dann bliebe der Wissenschaft nichts anderes übrig, als ihren Bankerott zu erklären. Aus diesem Grunde ist sie genötigt, die Existenz einer allgemeinen Naturgesetzlichkeit als Vorbedingung, als Postulat an die Spitze ihrer ganzen Entwicklung zu stellen oder, um mit Immanuel Kant zu reden, den Kausalbegriff mit zu den von vornherein gegebenen Kategorien zu rechnen, ohne die Erkenntnis überhaupt nicht gewonnen werden kann.

Daraus folgt weiter mit Notwendigkeit, daß das Wesen der physikalischen Gesetzlichkeit und der Inhalt der physikalischen Gesetze sich nicht durch reines Nachdenken erschließen läßt, sondern, daß es hierfür keinen anderen Weg gibt als den, sich vor allem an die Natur zu wenden, in ihr möglichst zahlreiche und vielseitige Erfahrungen zu sammeln, dieselben miteinander in Vergleich zu bringen und zu möglichst einfachen und weittragenden Sätzen zu verallgemeinern, mit einem Wort: die Methode der Induktion.

Da der Inhalt einer Erfahrung um so reicher ist, je genauer die Messungen sind, die ihr zugrunde liegen, so versteht sich von selbst, daß der Fortschritt aller physikalischen Erkenntnis auf das engste verknüpft ist mit der Verfeinerung der physikalischen Instrumente und mit der Technik des Messens. Davon liefert gerade die neueste Geschichte der Physik schlagende Belege. Aber mit dem Messen allein ist es nicht getan. Jede Messung ist ein einzelnes, zunächst für sich ste-

[1]) Vortrag gehalten am 14. Februar 1926 in den Akademischen Kursen von Düsseldorf.

hendes Ereignis und als solches an ganz spezielle Umstände, vor allem an einen bestimmten Ort und eine bestimmte Zeit, sowie an ein bestimmtes Meßinstrument und einen bestimmten Beobachter gebunden, und wenn auch die erstrebte Verallgemeinerung in vielen Fällen auf der Hand liegt und sich sozusagen von selbst anbietet, so gibt es doch auch andere Fälle, wo es außerordentlich schwierig ist, für verschiedenartige vorliegende Messungen das gemeinsame Gesetz zu finden, — sei es, daß sich dafür überhaupt keine Möglichkeit zu eröffnen scheint, oder auch, was auch sehr unbefriedigend wirken kann, daß zu vielerlei Möglichkeiten der Verallgemeinerung vorliegen.

In solchen Fällen gibt es kein anderes Mittel, um vorwärts zu kommen, als einmal probeweise eine gewisse Annahme einzuführen, eine sog. Arbeitshypothese, und zuzusehen, wie weit man mit ihr kommt. Für die Brauchbarkeit einer solchen Hypothese ist es immer ein besonders gutes Zeichen, wenn sie sich auch auf Gebieten bewährt, auf die sie nicht von vornherein zugeschnitten war. Denn dann darf man schließen, daß der gesetzliche Zusammenhang, den sie ausspricht, eine tiefer gehende Bedeutung besitzt und eine wesentlich neue Erkenntnis eröffnet.

Wenn somit eine zweckmäßige Arbeitshypothese als ein unentbehrliches Hilfsmittel jeder induktiven Forschung erscheint, so drängt sich die gewichtige Frage auf, wie man es denn anfängt, um eine möglichst brauchbare Hypothese ausfindig zu machen. Darüber gibt es aber keine allgemeine Vorschrift. Denn hier genügt keineswegs allein das logische Denken, auch dann nicht, wenn die reichsten und vielseitigsten Erfahrungen vorliegen. Hier hilft vielmehr allein ein unvermitteltes Zufassen, ein glücklicher Einfall, oft ein anfangs sehr kühn erscheinender Gedankensprung, wie ihn nur eine lebendige und selbständige, durch eine genaue Kenntnis der vorhandenen Tatsachen in die richtige Bahn gelenkte Phantasie und eine starke schöpferische Gestaltungskraft auszuführen vermag.

In den meisten Fällen handelt es sich dabei um die Einführung gewisser Gedankenbilder, Analogien, welche auf bekannte gesetzliche Zusammenhänge in einem anderen Gebiete hinlenken und dadurch einen weiteren Schritt nahelegen in der Richtung zu der Vereinheitlichung des physikalischen Weltbildes.

Aber gerade an einem solchen Punkte vielversprechenden Erfolges lauert häufig auch eine ernste Gefahr. Denn wenn der gewagte Schritt wirklich geglückt ist, wenn die eingeführte Hypothese ihre Leistungsfähigkeit bewiesen hat, handelt es sich weiter darum, sie weiter auszubilden, ihren eigentlichen Kern herauszuschälen und durch eine sachgemäße Formulierung ihren berechtigten Inhalt klarzustellen, indem man sie von allen unwesentlichen Zutaten reinlich säubert. Das ist nun aber keine so einfache Sache, als es vielleicht zunächst den Anschein haben könnte. Denn die in glücklichem Gedankenflug errichtete Brücke, welche den Zugang zu einer neuen Erkenntnis vermittelt hat, erweist sich bei näherer Besichtigung sehr häufig als nur provisorischer Art und muß dann nachträglich durch eine haltbarere, auch für das schwere Geschütz kritischer Logik tragfähige, ersetzt werden. Wir müssen eben bedenken, daß eine jede Hypothese ein Produkt der tastenden Phantasie ist, und daß die Phantasie mit der Anschauung arbeitet. Die Anschauung ist aber in der Physik, so wenig man sie bei der Hypothesenbildung entbehren kann, für die Ausarbeitung einer rationellen Theorie, namentlich bei einer logischen Beweisführung, ein Hilfsmittel von äußerst zweifelhafter Natur; denn das wohlbegreifliche Vertrauen auf gewisse anschauliche Vorstellungen und Gedankengänge, die sich in bestimmter Richtung als fruchtbar erwiesen haben, führt leicht zur Überschätzung ihrer Bedeutung und zu unhaltbaren Verallgemeinerungen. Nimmt man hinzu, daß gerade der Schöpfer einer neuen leistungsfähigen Theorie in der Regel wenig geneigt ist, sei es aus Bequemlichkeit oder auch aus einem gewissen Pietätsgefühl, an den speziellen Ideenverbindungen, die ihn zum Erfolg geführt haben, wesentliche Änderungen vorzunehmen, und daß er häufig seine ganze wohlerworbene Autorität einsetzt, um seinen ursprünglich eingenommenen Standpunkt aufrecht halten zu können, so ist es wohl verständlich, daß die gesunde Weiterentwicklung der Theorie oft erheblichen Schwierigkeiten begegnet. Beispiele für diese Verhältnisse treffen wir auf Schritt und Tritt in der Geschichte der physikalischen Wissenschaft an, bis hinein in die Gegenwart. Lassen Sie mich einige der wichtigsten hier zur Sprache bringen.

Die frühesten Erkenntnisse physikalischer Gesetzlichkeit liegen naturgemäß auf dem Gebiete, in dem die ersten genauen Messungen möglich waren: dem von Raum und Zeit, also auf dem Gebiet der Mechanik. Auch läßt sich leicht verstehen, daß die Aufstellung gesetzmäßiger Zusammenhänge zuerst gerade bei denjenigen Bewegungen gelang, deren gesetzlicher Ablauf unabhängig von zufälligen äußeren Begleitumständen und Eingriffen erfolgt: den Bewegungen der Himmelskörper. Schon vor Jahrtausenden verstanden es bekanntlich die Kulturvölker des Orients, aus ihren Beobachtungen Formeln abzuleiten, welche es gestatten, die Bewegungen der Sonne und der Planeten auf Jahre hinaus mit großer Sicherheit zu berechnen. Mit jeder Steigerung der Meßgenauigkeit war eine Verbesserung der Formeln verbunden. Ihre Zusammenstellung und Vergleichung führte in der späteren Entwicklung zu den Theorien von PTOLEMÄUS, COPERNICUS, KEPLER, von denen jede der vorhergehenden an Einfachheit und Genauigkeit überlegen war. Allen diesen Theorien ist gemeinsam eine Beantwortung der Frage nach dem gesetzlichen Zusammenhang zwischen der Position eines Himmelkörpers, etwa eines Planeten, und dem Zeitpunkt, in welchem diese Position ein-

genommen wird. Selbstverständlich ist die Art des gesetzlichen Zusammenhanges für jeden Planeten eine andere, wenn sich auch in den Planetenbewegungen viele gemeinsame Züge aufweisen lassen.

Den entscheidenden Schritt über diese Art der Fragestellung hinaus tat NEWTON, indem er die auf die verschiedenen Planeten bezüglichen Formeln in ein einziges, für alle Planeten und überhaupt für sämtliche Himmelskörper in gleicher Weise gültiges Bewegungsgesetz zusammenfaßte. Ein solcher Erfolg konnte ihm dadurch gelingen, daß er das Bewegungsgesetz unabhängig machte von dem speziellen Zeitpunkt, auf den es angewendet wird, daß er nämlich den Zeitpunkt durch das Zeitdifferential ersetzte. Die NEWTONsche Theorie der Planetenbewegung spricht einen bestimmten gesetzlichen Zusammenhang aus nicht zwischen der Position eines Planeten und der Zeit, sondern zwischen der Beschleunigung des Planeten und seiner Entfernung von der Sonne, und dieses Gesetz, eine gewisse vektorielle Differentialgleichung, lautet für alle Planeten genau gleich. Ist also die Lage und die Geschwindigkeit des Planeten in irgendeinem einzelnen Zeitpunkt bekannt, so berechnet sich daraus eindeutig seine Bewegung für alle Zeiten.

Daß die NEWTONsche Fassung der Bewegungsgesetze nicht nur eine neue Form der Naturbeschreibung, sondern einen wirklichen Fortschritt in der Erkenntnis der sachlichen Zusammenhänge bedeutet, erhellt aus den Resultaten, welche ihre weitere Durchführung geliefert hat. Sie übertrifft nämlich die KEPLERsche Formel nicht nur an Genauigkeit, indem sie z. B. die Störungen, welche die elliptische Bewegung der Erde um die Sonne durch ihre gelegentliche Annäherung an den Jupiter erleidet, in voller Übereinstimmung mit den Messungen wiedergibt, sondern sie erteilt auch Aufschluß über die Bewegungen anderer Himmelskörper, wie der Kometen, der Doppelsterne usw., welche von den KEPLERschen Gesetzen gar nicht erfaßt werden. Was aber der NEWTONschen Theorie zu ihrem unmittelbarsten, völlig durchschlagenden Erfolge verhalf, war der Umstand, daß ihre Anwendung auf irdische Bewegungen unmittelbar zu denselben numerischen Gesetzen des freien Falls und der Pendelschwingungen führte, welche GALILEI durch seine Messungen festgestellt hatte, und des weiteren auch zur Erklärung gewisser auffallender sonst ganz unverständlicher Phänomene, wie Ebbe und Flut, Drehung der Pendelebene, Präzession der Kreiselbewegung und dergleichen.

Wie gelangte nun aber NEWTON zu seiner Differentialgleichung für die Bewegung eines Planeten? Das ist die Frage, die uns jetzt hauptsächlich interessiert. Er gelangte zu ihr nicht etwa dadurch, daß er die Beschleunigung eines Planeten unmittelbar mit seiner Entfernung von der Sonne in Beziehung brachte und nach einem bestimmten numerischen Zusammenhang zwischen ihnen suchte, sondern dadurch, daß er sich zunächst in Gedanken eine Brücke baute, die von dem Begriff der Lage des Planeten hinüberführte zu dem Begriff der Beschleunigung, und diese Brücke heißt die *Kraft*. Er stellte sich nämlich vor, daß einerseits durch die Lage eines Planeten gegenüber der Sonne eine gegen die Sonne hin gerichtete Anziehungskraft bedingt wird, und daß andererseits diese selbe Anziehungskraft in der Bewegungsgröße des Planeten eine bestimmte Änderung verursacht, So entstand einerseits das Gravitationsgesetz. andererseits das Trägheitsgesetz. Der Begriff der Kraft selber entsprang ohne Zweifel, wie schon das Wort Kraft besagt, der Vorstellung der Muskelempfindung beim Heben eines Gewichtes oder beim Fortschleudern eines Balles, und diese Vorstellung wurde in weiterer Verallgemeinerung angewendet auf jede Art von Bewegungsänderung, auch wenn dieselbe so groß ist, daß menschliche Muskelkräfte nicht entfernt hinreichen, um sie zu bewirken.

Kein Wunder, daß NEWTON diesem Begriff der Kraft, welcher ihm zu so fundamentalen Erfolgen verholfen hatte, eine entscheidende Bedeutung beilegte, obwohl er, was wohl zu beachten ist, in dem eigentlichen Bewegungsgesetz garnicht vorkommt, und daß er in ihm die primäre Ursache einer jeden Bewegungsänderung suchte. So ist es gekommen, daß die NEWTONsche Kraft als der Haupt- und Grundbegriff der Mechanik, und nicht nur der Mechanik, sondern der ganzen Physik hingestellt wurde, und daß man sich mit der Zeit gewöhnte, bei allen physikalischen Vorgängen immer in erster Linie nach der Kraft zu fragen, welche sie verursacht.

In gewissem Gegensatz hierzu steht das Bild, welches uns die neuere Entwicklung der Physik darbietet. Man darf ruhig sagen, daß heute die NEWTONsche Kraft ihre grundlegende Bedeutung für die theoretische Physik verloren hat. In dem modernen Aufbau der Mechanik erscheint sie nur mehr als sekundäre Größe, man hat sie ersetzt durch einen anderen höheren und umfassenderen Begriff, den der Arbeit oder des Potentials, indem man die Kraft allgemein definiert als das Potentialgefälle oder als den negativen Potentialgradienten.

Aber — so könnte man versucht sein einzuwenden — wie ist es möglich, die Arbeit als das Primäre anzusehen, da doch, wenn Arbeit entstehen soll, immer zuerst eine Kraft da sein muß, welche die Arbeit leistet? Wer so spricht, der denkt nicht physikalisch, sondern physiologisch. Gewiß ist bei der Arbeit, die man bei der Emporhebung eines Gewichtes leistet, die Muskelkontraktion mit den sie begleitenden Empfindungen das Primäre und bildet die Ursache der eintretenden Bewegung. Aber dieser physiologische Vorgang ist begrifflich scharf zu trennen von der hier in Rede stehenden physikalischen Kraft der Anziehung, welche die Erde auf das Gewicht ausübt und welche ihrerseits allein bedingt wird durch das primär vorhandene Gravitationspotential.

Das Potential behauptet den Vorrang vor der Kraft nicht allein deshalb, weil die physikalische Gesetzlichkeit durch seine Einführung eine einfachere Form annimmt, sondern auch weil die Bedeutung des Potentialbegriffes viel weiter reicht als die des Kraftbegriffes, namentlich auch über das Gebiet der Mechanik hinaus bis in das Gebiet der chemischen Verwandtschaftslehre, wo von NEWTONscher Kraft überhaupt nicht mehr die Rede sein kann. Freilich muß zugegeben werden, daß der Begriff des Potentials nicht den einleuchtenden Vorteil der unmittelbaren Anschauung besitzt, welcher dem der Kraft vermöge seiner Beziehungen zum Muskelsinn innewohnt, und daß daher durch die Elimination des Kraftbegriffes auch die Anschaulichkeit der physikalischen Gesetze eine wesentliche Einbuße erleidet. Aber diese Entwicklung liegt in der Natur der Sache. Die physikalische Gesetzlichkeit richtet sich eben nicht nach den menschlichen Sinnesorganen und dem ihnen entsprechenden Anschauungsvermögen, sondern nach den Dingen selber.

Immerhin wird es nach meiner Meinung bei der Einführung in die Mechanik für den Unterricht stets notwendig bleiben, zunächst von der NEWTONschen Kraft auszugehen, ebenso wie man in der Optik zunächst vom Farbensinn und in der Thermodynamik zunächst vom Wärmesinn ausgeht, obwohl diese Grundlage später durch eine präzisere ersetzt wird. Wir dürfen auch nicht vergessen, daß die Bedeutung aller physikalischen Begriffe und Sätze für uns in letzter Linie doch wieder auf ihren Beziehungen zu den menschlichen Sinnesorganen beruht. Das ist ja gerade charakteristisch für das eigentümliche Verfahren der physikalischen Forschung. Um überhaupt brauchbare physikalische Begriffe und Hypothesen bilden zu können, müssen wir zunächst auf unser den spezifischen Sinnesempfindungen unmittelbar angepaßtes Anschauungsvermögen zurückgreifen. Aus ihm allein schöpfen wir alle unsere Ideen. Wenn wir aber dann zu physikalischen Gesetzen gelangen wollen, müssen wir von den eingeführten Anschauungsbildern wieder möglichst abstrahieren und die aufgestellten Definitionen von allen Zutaten und Vorstellungen, die nicht in logisch notwendigem Zusammenhang mit den Messungen stehen, befreien. Sind dann die physikalischen Gesetze formuliert und haben sie uns auf mathematischem Wege zu bestimmten Folgerungen geführt, so müssen wir schließlich die erhaltenen Resultate, um sie für uns wertvoll zu machen, wieder zurückübersetzen in die Sprache unserer Sinnenwelt. Das ist in gewissem Sinne ein zirkelförmiger Weg. Er ist aber durchaus notwendig. Denn die Einfachheit und Allgemeinheit der physikalischen Gesetze offenbart sich stets erst nach der Abstraktion von allen anthropomorphen Beimengungen.

Derartiger Gedankenbrücken und anschaulicher Hilfsbegriffe, wie ich einen in der NEWTONschen Kraft zu schildern versuchte, gibt es in der theoretischen Physik eine große Anzahl. Ich will hier in diesem Zusammenhang nur noch den für die physikalische Chemie so fruchtbar gewordenen Begriff des osmotischen Druckes nennen, den VAN'T HOFF seinerzeit eingeführt hat, um die physikalischen Gesetze der Lösungen, namentlich die des Gefrierpunktes und der Dampfspannung, anschaulich formulieren zu können. Realisieren und messen läßt sich der osmotische Druck nur verhältnismäßig unvollkommen, weil dazu sehr komplizierte Vorrichtungen, sog. semipermeable Wände, notwendig sind. Um so mehr muß man den intuitiven Scharfblick bewundern, welcher den großen Forscher auf Grund eines recht dürftigen Beobachtungsmaterials zu der Formulierung der nach ihm benannten Gesetze geleitet hat. In der heutigen Fassung dieser Gesetze bedarf man des osmotischen Druckes so wenig, wie für die der Bewegungsgesetze der NEWTONschen Kraft.

Es gibt aber auch noch ganz andere Arten von Gedankenbrücken hoher Anschaulichkeit, welche sich für die Bildung fruchtbarer Arbeitshypothesen als sehr wertvoll, aber doch im weiteren Verlauf der Entwicklung dem Fortschritt als direkt hinderlich erwiesen haben. Eine derselben verdient es noch ganz besonders, hier hervorgehoben zu werden. Wie man sich gewöhnt hatte, hinter allen Veränderungen in der Natur eine ursächlich wirkende Kraft zu vermuten, so war man entsprechend leicht geneigt, eine jede unveränderliche, konstante Größe sich als eine *Substanz* vorzustellen. Der Substanzbegriff hat von jeher in der Physik eine bedeutende, aber, wie eine nähere Betrachtung ergibt, nicht immer unbedingt förderliche Rolle gespielt. Zunächst ist ja leicht einzusehen, daß sich jeder sog. Erhaltungssatz substantiell deuten läßt, und diese Vorstellung ist gewiß vorzüglich geeignet, den Inhalt des Satzes zu veranschaulichen und dadurch seine Benutzung zu erleichtern. Können wir uns doch kaum ein anschaulicheres Bild machen von einer Größe, welche durch alle ihre Veränderungen hindurch stets ihre Quantität behält, als indem wir an einen bewegten materiellen Körper denken. Damit hängt gewiß auch das Bestreben zusammen, überhaupt alle Vorgänge in der Natur auf Bewegungen von Substanzmengen, also auf Mechanik, zurückzuführen. So wurde die Erzeugung und Ausbreitung des Lichtes anschaulich gemacht durch die Wellenbewegung eines substantiellen Lichtäthers, und in der Tat gelang es auf diesem Wege, die wichtigsten Gesetze der Optik in Übereinstimmung mit der Erfahrung abzuleiten, bis dann einmal doch der Zeitpunkt kam, wo die substantiell-mechanische Theorie ihren Dienst versagte und sich in unfruchtbare Spekulationen verlor.

Auch auf dem Gebiet der Wärme hat der Substanzbegriff eine Zeitlang Treffliches geleistet. Die sorgfältige Ausbildung, welche die Calorimetrie in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts erfuhr, erfolgte wesentlich unter dem Gesichtspunkt

der Annahme eines Hinüberströmens der unveränderlich bleibenden Wärmesubstanz aus dem wärmeren in den kälteren Körper. Als dann der Nachweis geführt wurde, daß die Quantität der Wärme auch vermehrt werden kann, z. B. durch Reibungsvorgänge, stellte sich die Substanztheorie zur Wehr und suchte ihr Heil in Zusatzhypothesen, was ihr zwar eine geraume Zeit hindurch, aber schließlich doch nicht auf die Dauer gelingen konnte.

In der Elektrizitätslehre zeigen sich schon bei oberflächlicher Betrachtung die bedenklichen Folgen, welche eine Überspannung substantieller Vorstellungen mit sich bringen kann. Zwar wird auch hier der Satz von der Unveränderlichkeit der Elektrizitätsmenge und daran anschließend der Begriff der elektrischen Strömung und das Gesetz der Wechselwirkungen geladener und stromdurchflossener Leiter vorzüglich veranschaulicht durch die Vorstellung einer feinen, leicht beweglichen, mit gewissen Kraftäußerungen begabten elektrischen Substanz. Aber hier versagt die Analogie schon bei der Berücksichtigung des Umstandes, daß man dann zwei entgegengesetzte, eine positive und eine negative Substanz, annehmen muß, welche sich bei der Vereinigung gegenseitig vollkommen neutralisieren, — ein Vorgang, der bei gewöhnlichen Substanzen jedenfalls undenkbar ist, ebenso wie die Erzeugung zweier entgegengesetzter Substanzen aus dem Nichts.

So sehen wir, wie die Vorstellungsbilder und die ihnen entspringenden Anschauungen zwar für die physikalische Forschung unentbehrlich sind und schon ungezählte Male den Schlüssel zur Eröffnung neuer Bahnen der Erkenntnis geliefert haben, aber doch mit großer Vorsicht behandelt werden müssen, selbst wenn sie sich eine Zeitlang bewährt haben. Der einzige sichere Führer auf dem Weg der weiteren Entwicklung bleibt stets die Messung und was aus den an sie unmittelbar anschließenden Begriffen auf logischem Wege gefolgert werden kann. Alle anderweitigen Schlüsse, und gerade solche, welche sich durch eine gewisse unmittelbare sog. Evidenz auszeichnen, sind immer mit einem gewissen Mißtrauen zu betrachten. Denn über die Bündigkeit eines Beweises, der von wohldefinierten Begriffen handelt, entscheidet nicht die Anschauung, sondern der Verstand.

II.

Wir haben bisher unser Augenmerk hauptsächlich der Frage zugewendet, auf welchem Wege man zur Erkenntnis physikalischer Gesetze gelangt; jetzt wollen wir einmal weiter dazu übergehen, den Inhalt und das eigentliche Wesen der physikalischen Gesetzlichkeit etwas näher ins Auge zu fassen.

Ein physikalisches Gesetz findet seinen Ausdruck gewöhnlich in einer mathematischen Formel, welche es gestattet, für irgendein vorliegendes, bestimmten gegebenen Bedingungen unterworfenes physikalisches Gebilde den zeitlichen Ablauf der darin stattfindenden Vorgänge zu berechnen. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet lassen sich alle physikalischen Gesetze ihrem Inhalt nach ohne weiteres in zwei große Gruppen teilen.

Die Gesetze der ersten Gruppe sind dadurch gekennzeichnet, daß sie ihre Gültigkeit unverändert behalten, wenn man in ihnen das Vorzeichen der Zeit umkehrt, oder anders ausgedrückt: wenn jeder Vorgang, der ihre Forderungen erfüllt, auch rückwärts verlaufen kann, ohne mit ihnen in Widerspruch zu kommen. Beispiele hierfür sind die Gesetze der Mechanik und die Gesetze der Elektrodynamik, wofern von thermischen und chemischen Wirkungen abgesehen wird. Jeder rein mechanische oder elektrodynamische Vorgang kann auch in umgekehrter Richtung verlaufen. Ein reibungslos fallender Körper wird nach dem nämlichen Gesetze beschleunigt, wie ein reibungslos emporfliegender Körper verzögert wird, ein Pendel schwingt unter denselben Bedingungen nach links wie nach rechts, eine Welle kann sich ebenso nach der einen Seite wie nach der anderen fortpflanzen, ebenso nach außen wie nach innen, ein Planet kann sich ebenso in dem einen Sinne, wie in dem anderen Sinne um die Sonne bewegen. Ob und wie die Umkehrung der Bewegung wirklich realisiert werden kann, ist eine ganz andere Frage, auf die wir hier nicht einzugehen brauchen. Hier handelt es sich nur um das Gesetz selber, nicht um die besonderen Daten, auf welche es Anwendung findet.

Die Gesetze der zweiten Gruppe werden dadurch charakterisiert, daß in ihnen das Vorzeichen der Zeit eine wesentliche Rolle spielt. Daher sind die ihnen gehorchenden Vorgänge einseitig gerichtet, irreversibel. Zu diesen Vorgängen gehören alle diejenigen, bei welchen die Wärme und die chemische Verwandtschaft eine Rolle spielt. Bei der Reibung wird die relative Geschwindigkeit stets vermindert, niemals erhöht, bei der Wärmeleitung wird der kältere Körper stets erwärmt, der wärmere stets abgekühlt, bei der Diffusion schreitet die Vermischung der beiden sich mischenden Substanzen immer im Sinne fortschreitender Vermengung, niemals in dem einer Entmischung fort. Daher führen die irreversibeln Vorgänge stets zu einem bestimmten Endziel: die Reibung zum relativen Ruhezustand, die Wärmeleitung zum Ausgleich der Temperaturen, die Diffusion zur vollkommenen Gleichmäßigkeit der Mischung, während dagegen die reversibeln Vorgänge, sofern keine Eingriffe von außen erfolgen, keinen Anfang und kein Ende kennen, sondern in einem ewigen Hin und Her bestehen.

Wie gelingt es nun, diese beiden ganz entgegengesetzten Arten von Gesetzen unter einen Hut zu bringen, wie es doch im Interesse der Vereinheitlichung des physikalischen Weltbildes unbedingt gefordert werden muß? Vor einem Menschenalter gab es eine stark in den Vordergrund tretende Richtung in der theoretischen Physik, die sog. Energetik, welche darauf hinarbeitete, den Gegen-

satz dadurch aufzuheben, daß sie beispielsweise den Übergang der Wärme von höherer zu tieferer Temperatur in vollständige Analogie stellte zu dem Herabsinken eines Gewichtes oder eines Pendels aus einer höheren in eine tiefere Lage. Dabei blieb aber der wesentliche Punkt unberücksichtigt, daß ein Gewicht auch emporfliegen kann, und daß ein Pendel, wenn es seinen tiefsten Punkt erreicht hat, auch seine größte Geschwindigkeit besitzt und infolge seiner Trägheit die Gleichgewichtslage nach der entgegengesetzten Seite hin überschreitet, während im Gegensatz dazu die Wärmeströmung von einem wärmeren zu einem kälteren Körper um so mehr nachläßt, je geringer die Temperaturdifferenz wird, und von einem Überschreiten des Zustandes der Temperaturgleichheit vermöge einer Art von Trägheit keine Rede ist.

Wie man es auch wenden möge, der Gegensatz zwischen reversibeln und irreversibeln Prozessen bleibt bestehen, und es kann sich nur darum handeln, einen völlig neuen Gesichtspunkt ausfindig zu machen, von dem aus ein gewisser Zusammenhang der verschiedenartigen Gesetze miteinander erkennbar wird, womöglich in der Weise, daß die Gesetze der einen Gruppe irgendwie auf die der anderen zurückgeführt werden. Welche von den beiden soll man aber als die einfachere, elementarere ansehen, die der reversibeln oder die der irreversibeln Prozesse?

Darüber gibt schon eine äußerliche formale Betrachtung einigen Aufschluß. Eine jede physikalische Formel enthält außer veränderlichen Größen, welche in jedem Einzelfalle der besonderen Messung unterliegen, gewisse konstante Größen, welche ein für alle Mal bestimmt zu denken sind und welche dem in der Formel ausgedrückten funktionellen Zusammenhang zwischen den veränderlichen Größen das charakteristische Gepräge geben. Wenn man diese Konstanten näher ins Auge faßt, so findet man leicht, daß dieselben bei den reversibeln Vorgängen wirklich stets die nämlichen sind, da sie unter den verschiedensten äußeren Bedingungen immer wiederkehren, wie z. B. die Masse, die Gravitationskonstante, die elektrische Ladung, die Lichtgeschwindigkeit, während dagegen die Konstanten der irreversibeln Vorgänge, wie das Wärmeleitungsvermögen, der Reibungskoeffizient, die Diffusionskonstante, sich mehr oder weniger von den äußeren Umständen, z. B. von der Temperatur, vom Druck usw. abhängig zeigen.

Dieses tatsächliche Verhalten führt naturgemäß dazu, die Konstanten der ersten Gruppe als die einfacheren und die an sie anknüpfenden Gesetze als die elementaren, nicht weiter auflösbaren anzusehen, dagegen den Konstanten der zweiten Gruppe und den ihnen entsprechenden Gesetzen einen verwickelteren Charakter zuzuschreiben. Um diese Vermutung auf ihre Berechtigung hin zu prüfen, muß man die Betrachtungsweise um einen Grad verfeinern, man muß die Vorgänge sozusagen schärfer unter die Lupe nehmen. Sind die irreversibeln Vorgänge wirklich von zusammengesetzter Art, so können die sie beherrschenden Gesetze nur sozusagen im Groben gelten, sie müssen statistischen Charakter besitzen, da sie nur für eine makroskopische summarische Betrachtung, also für die Mittelwerte aus einer großen Anzahl von verschiedenen Einzelvorgängen Bedeutung haben. Je mehr man die Zahl der zur Mittelwertbildung herangezogenen Einzelvorgänge einschränkt, umso deutlicher müssen sich zufällige Abweichungen von den makroskopischen Gesetzen bemerklich machen. Mit anderen Worten: wenn die geschilderte Anschauung wirklich zutrifft, so müssen die Gesetze der irreversibeln Vorgänge, die der Reibung, der Wärmeleitung, der Diffusion, mikroskopisch betrachtet, sämtlich ungenau sein, sie müssen in Einzelfällen Ausnahmen zulassen, Ausnahmen, die um so stärker hervortreten, je mehr man die Betrachtung verfeinert.

Gerade diese Schlußfolgerung ist es nun, die mit einer im Lauf der Zeit sich stets steigernden Sicherheit nach allen Richtungen durch die Erfahrung bestätigt wurde, was natürlich nur mit Hilfe einer außerordentlichen Verbesserung der Messungsmethoden gelingen konnte. Die große Annäherung, mit welcher die Gesetze der irreversibeln Vorgänge gelten, rührt lediglich her von der ungeheuren Anzahl der Einzelvorgänge, aus denen sie sich gewöhnlich zusammensetzen. Nehmen wir z. B. eine Flüssigkeit von überall gleichmäßiger Temperatur, so folgt aus dem makroskopischen Gesetz der Wärmeleitung, daß keinerlei Strömung von Wärme innerhalb der Flüssigkeit stattfindet. Dem ist aber, genau genommen, durchaus nicht so. Denn die Wärme wird bedingt durch die feinen schnellen Bewegungen der Flüssigkeitsmoleküle, und die Wärmeleitung infolgedessen durch den Austausch dieser Geschwindigkeiten beim Zusammenstoß. Gleichmäßigkeit der Temperatur bedeutet also nicht Gleichheit aller Geschwindigkeiten, sondern nur Gleichheit des Mittelwertes der Geschwindigkeiten für jedes Flüssigkeitsquantum, das eine sehr große Zahl von Molekülen umfaßt. Nehmen wir aber ein Quantum, das nur verhältnismäßig wenige Moleküle enthält, so wird der Mittelwert ihrer Geschwindigkeiten im Laufe der Zeit Schwankungen aufweisen, um so stärkere, je kleiner das Quantum gewählt ist. Diesen Satz können wir heute als eine experimentell vollkommen gesicherte Tatsache ansehen. Eine der augenfälligsten Illustrationen derselben bildet die sog. BROWNsche Molekularbewegung, welche man durch das Mikroskop an kleinen in einer Flüssigkeit suspendierten Staubteilchen beobachten kann, die durch die Stöße der an sie prallenden unsichtbaren Flüssigkeitsmoleküle hin und her getrieben werden, um so lebhafter, je höher die Temperatur gewählt ist. Wenn wir nun weiter die Annahme machen, welcher grundsätzlich nichts im Wege steht, daß ein jeder einzelne Stoß ein reversibler Vorgang ist, für den die elementare strenge dynamische Ge-

setzlichkeit gilt, so können wir sagen, daß durch die eingeführte mikroskopische Betrachtungsweise die Gesetze der irreversiblen Vorgänge, oder daß die statistische grobe und angenäherte Gesetzlichkeit auf die dynamische, feine und absolute Gesetzlichkeit zurückgeführt worden ist.

Die großen Erfolge, welche durch die Einführung der statistischen Gesetzlichkeit auf zahlreichen Gebieten der physikalischen Forschung in der jüngsten Zeit erzielt worden sind, haben eine merkwürdige Wandlung in den Anschauungen der Physiker gezeitigt. Anstatt, wie früher, in der Energetik, das Auftreten irreversibler Prozesse zu leugnen oder wenigstens als zweifelhaft hinzustellen, wird jetzt vielfach der Versuch gemacht, die statistische Gesetzlichkeit in den Vordergrund zu rücken, alle bisher als dynamisch betrachteten Gesetze, sogar die Gravitation, auf statistische zurückzuführen, mit anderen Worten: eine absolute Gesetzlichkeit in der Natur ganz auszuschließen. In der Tat muß folgendes einleuchten: was wir in der Natur prüfen und messen können, läßt sich niemals durch ganz bestimmte Zahlen ausdrücken, sondern enthält immer eine gewisse, durch die unvermeidlichen Fehlerquellen der Messungen bedingte Unbestimmtheit. Daraus folgt, daß es uns niemals wird gelingen können, durch Messungen zu entscheiden, ob ein Gesetz in der Natur absolut genau gilt oder nicht. Und vom Standpunkt der allgemeinen Erkenntnistheorie aus kommen wir mit der Prüfung dieser Frage auch zu keinem anderen Ergebnis. Wenn wir, wie es uns gleich im Anfang entgegentrat, nicht einmal imstande sind, den Nachweis zu führen, daß in der Natur überhaupt eine Gesetzlichkeit besteht, so wird es uns um so weniger gelingen, von vornherein zu beweisen, daß diese Gesetzlichkeit eine absolute ist.

Man muß also vom logischen Standpunkt aus der Hypothese, daß es in der Natur nur statistische Gesetzlichkeit gibt, von vornherein volle Berechtigung zugestehen. Eine andere Frage ist, ob diese Annahme sich für die Forschung empfiehlt, und diese Frage möchte ich mit Entschiedenheit verneinen. Zunächst ist zu bedenken, daß nur die streng dynamische Gesetzlichkeit den Anforderungen unseres Erkenntnistriebes voll genügt, während dagegen jedes statistische Gesetz im Grunde unbefriedigend ist, einfach deshalb, weil es nicht genau gilt, sondern in Einzelfällen Ausnahmen zuläßt, und man stets vor der Frage steht, welches denn die Fälle sind, in welchen solche Ausnahmen eintreten.

Gerade derartige Fragen bilden nun aber den stärksten Antrieb zur Erweiterung und Verfeinerung der Forschungsmethoden. Wenn man die statistische Gesetzmäßigkeit als die letzte, tiefste annimmt, so liegt prinzipiell gar kein Grund vor, bei irgendeinem vorliegenden statistischen Gesetz nach den Ursachen der Schwankungserscheinungen zu fragen, während doch in Wirklichkeit gerade das Bestreben, hinter jeder statistischen Gesetzlichkeit eine dynamische, streng kausale zu suchen, uns die allerwichtigsten Fortschritte in der Erforschung der atomistischen Vorgänge gebracht hat.

Liegt aber andererseits ein Gesetz vor, welches sich bisher innerhalb der Messungsfehler stets als genau giltig erwiesen hat, so ist gewiß zuzugeben, daß man durch Messungen niemals endgiltig wird feststellen können, ob es nicht vielleicht doch statistischer Natur ist. Aber es macht doch einen wesentlichen Unterschied, ob man durch theoretische Überlegungen veranlaßt wird, es als statistisch oder als dynamisch anzusehen. Denn im ersten Falle wird man unablässig durch stetige Verfeinerung der Messungsmethoden nach den Grenzen seiner Giltigkeit suchen, im zweiten wird man aber derartige Bemühungen für fruchtlos halten und sich dadurch manche unnütze Arbeit ersparen. Es sind in der Physik schon allzuviele Anstrengungen auf Lösung von Scheinproblemen verwendet worden, als daß man solche Überlegungen für bedeutungslos halten dürfte.

Daher liegt es nach meiner Meinung durchaus im Interesse einer gesunden Fortentwicklung, nicht nur das Bestehen einer Gesetzlichkeit überhaupt, sondern auch den streng kausalen Charakter dieser Gesetzlichkeit mit zu den Postulaten der physikalischen Wissenschaft zu rechnen, wie das im Grunde bisher stets geschehen ist, und das Ziel der Forschung nicht eher als erreicht zu betrachten, als bis eine jede Beobachtung statistischer Gesetzlichkeit in eine oder mehrere dynamische aufgelöst ist. Dadurch soll die hohe praktische Bedeutung der Beschäftigung mit der statistischen Gesetzlichkeit durchaus nicht herabgesetzt werden. Wie die Meteorologie, die Geographie, die Sozialwissenschaft, so hat auch die Physik vielfach mit statistischen Gesetzen zu arbeiten. Aber ebenso wie niemand daran zweifelt, daß die sog. zufälligen Schwankungen in den klimatologischen Kurven, in der Bevölkerungsstatistik, in den Mortalitätstabellen in jedem einzelnen Fall streng kausal bedingt sind, so wird für den Physiker die Frage stets einen wohlberechtigten Sinn haben, warum von zwei benachbarten Uranatomen das eine um viele Millionen Jahre früher explodiert als das andere.

Die Voraussetzung einer strengen Kausalität wird auch die Wissenschaft vom geistigen Leben niemals entbehren können. Von Gegnern dieser Ansicht ist häufig die Tatsache der Willensfreiheit des Menschen ins Treffen geführt worden. Daß hier durchaus kein Widerspruch vorliegt, daß vielmehr die Willensfreiheit des Menschen vollkommen verträglich ist mit dem universellen Walten eines strengen Kausalgesetzes, habe ich bereits früher einmal ausführlich zu begründen Gelegenheit gehabt. Da meine Ausführungen hierüber stellenweise arg mißverstanden worden sind, und da der Gegenstand doch gewiß bedeutendes Interesse besitzt, so bitte ich um die Erlaubnis, auch noch auf diesen Punkt hier mit einem kurzen Wort eingehen zu dürfen.

Das Kausalgesetz verlangt, daß sowohl die Handlungen als auch die seelischen Vorgänge, insbesondere auch die Willensmotive eines jeden Menschen, in irgendeinem Augenblick vollständig bestimmt sind durch den Zustand seiner gesamten Innenwelt im vorhergehenden Augenblick und die hinzutretenden Einflüsse der Umwelt. Wir haben keinerlei Grund, an der Richtigkeit dieses Satzes irgendwie zu zweifeln. Denn bei der Frage der Willensfreiheit handelt es sich gar nicht darum, ob es einen derartigen bestimmten Zusammenhang gibt, sondern es handelt sich darum, ob dieser Zusammenhang dem Betreffenden selber erkennbar ist. Einzig und allein dieser Punkt ist es, an welchem die Entscheidung darüber haftet, ob der Mensch sich frei fühlen kann oder nicht. Nur wenn jemand imstande wäre, allein auf Grund des Kausalgesetzes seine eigene Zukunft vorauszusehen, müßte man ihm das Bewußtsein der Willensfreiheit absprechen. Ein solcher Fall ist aber deshalb unmöglich, weil er einen logischen Widerspruch enthält. Denn jedes vollständige Erkennen setzt voraus, daß das zu erkennende Objekt durch innere Vorgänge im erkennenden Subjekt nicht verändert wird, und diese Voraussetzung ist hinfällig, wenn Objekt und Subjekt identisch werden. Oder konkreter gesprochen: da die Erkenntnis irgendeines Willensmotives im eigenen Innern ein Erlebnis ist, aus welchem ein neues Willensmotiv entspringen kann, so vermehrt sich durch sie die Zahl der möglichen Willensmotive. Diese Feststellung bringt eine neue Erkenntnis, die abermals ein neues Willensmotiv zeitigen kann, und so geht die Kette der Schlußfolgerungen weiter, ohne daß man jemals zur Feststellung des für eine zukünftige eigene Handlung endgültig ausschlaggebenden Motivs gelangen kann, d. h. zu einer Erkenntnis, die nicht abermals ihrerseits ein neues Willensmotiv auslöst.

Wer den Sinn dieser Überlegung bezweifelt und nicht einzusehen vermag, warum ein hinreichend intelligenter Geist nicht imstande sein sollte, die kausalen Bedingungen seines gegenwärtigen Ich vollständig zu begreifen, der dürfte eigentlich auch nicht einsehen können, warum ein Riese, der so groß ist, daß er auf jedermann herabschaut, nicht auch imstande sein sollte, auf sich selber herabzuschauen. Nein, aus dem Kausalgesetz allein wird auch der klügste Mann niemals die entscheidenden Motive für seine eigenen bewußten Handlungen ableiten können; dazu bedarf er einer anderen Richtschnur, nämlich eines Sittengesetzes, für welches auch die höchste Intelligenz und die feinste Selbstanalyse keinen Ersatz zu bieten vermag.

III.

Doch zurück zur Physik, wo derartige Verwicklungen, wie die soeben besprochene, von vornherein ausgeschlossen sind. Es liegt mir daran, Ihnen hier noch die wichtigsten charakteristischen Merkmale zu schildern, welche das Bestreben, alle physikalischen Vorgänge auf dem beschriebenen Wege in einen streng kausalen Zusammenhang zu bringen, dem gegenwärtigen physikalischen Weltbild eingeprägt hat. Schon ein flüchtiger Blick zeigt die enorme Veränderung des Bildes gegenüber dem Zustand zu Beginn dieses Jahrhunderts. Man darf wohl sagen, daß eine derartige stürmische Entwicklung seit den Tagen GALILEIS und NEWTONS nicht vorgekommen ist, und wir sind stolz darauf, daß diesmal die deutsche Wissenschaft einen sehr wesentlichen Anteil an ihr genommen hat. Den Anstoß gab naturgemäß die mit den Fortschritten der Technik auf das engste zusammenhängende außerordentliche Verfeinerung der Messungsmethoden, welche dann ihrerseits zur Feststellung von neuen Tatsachen und dadurch auch zur Revision und Erweiterung der Theorie führte. Besonders zwei neue Ideen sind es, die der heutigen Physik ihr charakteristisches Gepräge geben. Sie sind niedergelegt einerseits in der Relativitätstheorie, andererseits in der Quantenhypothese; jede in ihrer Art zugleich umwälzend und fruchttragend, aber doch einander gänzlich fremd und in gewissem Sinne sogar gegensätzlich. Von ihnen lassen Sie mich einiges berichten, soweit es die mir noch zur Verfügung stehende Zeit gestattet.

Die *Relativitätstheorie* war eine Zeitlang, man kann sagen, in aller Munde. Die Auseinandersetzungen für und gegen sie wirkten sich in die weitesten Kreise aus, bis hinein in die Tagespresse, wo von Berufenen und noch mehr von Unberufenen um sie gestritten wurde. Heute ist darin eine gewisse Beruhigung eingetreten, worüber wohl niemand eine aufrichtigere Befriedigung empfinden dürfte als der Urheber der Theorie selber. Das öffentliche Interesse scheint einigermaßen gesättigt und hat sich zur Zeit anderen Modethemen zugewendet. Mancher dürfte nun vielleicht geneigt sein, daraus den Schluß zu ziehen, daß die Relativitätstheorie ihre Rolle in der Wissenschaft jetzt ziemlich ausgespielt habe. Soweit ich beurteilen kann, ist gerade das Gegenteil der Fall. Die Relativitätstheorie ist heute zu einem so festen Bestandteil des physikalischen Weltbildes geworden, daß man von ihr, wie von allem Selbstverständlichen, kein besonderes Aufhebens mehr macht. Und in der Tat: so neuartig und revolutionierend die Idee der speziellen und der allgemeinen Relativität im ersten Augenblick ihres Auftretens auf die ganze physikalische Welt gewirkt hat: ihre Behauptungen und ihre Angriffe richteten sich im Grunde gar nicht gegen die großen anerkannten und bewährten Gesetze der Physik, sondern nur gegen gewisse, allerdings tief eingewurzelte, aber doch lediglich gewohnheitsmäßige Anschauungen, von der Art derer, die, wie ich schon oben zu schildern versuchte, für das erste Verständnis physikalischer Zusammenhänge sehr nützlich sind, die aber abgestoßen werden müssen, wenn es sich als notwendig herausstellt, die Zusammenhänge zu verallgemeinern und zu vertiefen.

Als ein besonders lehrreiches Beispiel will ich hier nur herausgreifen den Begriff der *Gleichzeitigkeit*. Nichts scheint dem unbefangenen Beobachter selbstverständlicher, als daß es einen bestimmten Sinn hat zu sagen, zwei Ereignisse, die an zwei voneinander entfernten Orten stattfinden, etwa das eine auf der Erde, das andere auf dem Mars, seien gleichzeitig. Denn es ist einem jeden unbenommen, in Gedanken beliebig große Entfernungen vollkommen zeitlos zu überfliegen und die beiden Ereignisse in der inneren Anschauung direkt nebeneinander zu stellen. Auch muß immer wieder betont werden, daß die Relativitätstheorie an dieser Wahrheit nichts geändert hat. Im Vertrauen auf sie kann ein jeder, wofern er nur über hinreichend genaue Messungsinstrumente verfügt, vollkommen zweifelsfrei feststellen, ob die Ereignisse gleichzeitig sind, und er wird, wenn er die Zeitmessung auf verschiedene Weise, mit verschiedenen Instrumenten, die sich gegenseitig kontrollieren, korrekt ausgeführt, immer auf das nämliche Resultat kommen. Insofern bleibt also alles beim alten.

Aber nach der Relativitätstheorie darf er es nicht als selbstverständlich voraussetzen, daß ein anderer relativ zu ihm bewegter Beobachter sich die beiden Ereignisse auch als gleichzeitig denken muß. Denn die Gedanken und die Anschauungen eines Menschen sind nicht immer die Gedanken und die Anschauungen eines anderen Menschen. Wenn nun die beiden Beobachter sich über den Inhalt ihrer Gedanken und Anschauungen auseinandersetzen, so wird ein jeder sich auf seine Messungen berufen, und da wird es sich herausstellen, daß die beiden bei der Deutung ihrer Messungen von ganz verschiedenen Voraussetzungen ausgegangen sind. Welche Voraussetzung aber die richtige ist, wird sich ebensowenig entscheiden lassen wie die Meinungsverschiedenheit darüber, welcher von den beiden Beobachtern sich in Ruhe und welcher sich in Bewegung befindet. Auf diesen Punkt kommt es aber wesentlich an; denn der Gang einer Uhr wird, wie jedenfalls nicht verwunderlich ist, von der Geschwindigkeit beeinflußt, mit der die Uhr von der Stelle bewegt wird, und daraus folgt, daß die Uhren der beiden Beobachter verschieden gehen. Das Schlußergebnis ist also, daß ein jeder der beiden mit gleichem Recht von sich behaupten kann, daß er selber sich in Ruhe befindet und daß seine Zeitmessung die richtige ist, während doch der eine Beobachter zwei Ereignisse für gleichzeitig hält, die es nach dem anderen nicht sind. Derartige Gedankengänge sind gewiß eine harte Zumutung für unser Vorstellungsvermögen, aber das geforderte Opfer an Anschaulichkeit erweist sich als verschwindend geringfügig gegen die unschätzbaren Vorteile einer großartigen Verallgemeinerung und Vereinfachung des physikalischen Weltbildes.

Wer aber trotzdem von der Meinung nicht loskommen kann, daß die Relativitätstheorie schließlich doch an irgendeinem inneren Widerspruch leidet, der möge bedenken, daß eine Theorie, deren vollständiger Inhalt sich in eine mathematische Formel fassen läßt, sich selber so wenig widersprechen kann, wie es zwei verschiedene Folgerungen tun können, die beide aus der nämlichen Formel fließen. Unsere Anschauungen müssen sich eben nach den Ergebnissen der Formel richten, nicht umgekehrt.

Die letzte Entscheidung über die Zulässigkeit und über die Bedeutung der Relativitätstheorie liegt freilich, wie selbstverständlich, bei der Erfahrung, und gerade der Umstand, daß überhaupt eine Prüfung an der Erfahrung möglich ist, muß als das wichtigste Zeugnis für die Fruchtbarkeit der Theorie angesehen werden. Bisher hat sich keinerlei Widerspruch mit der Erfahrung feststellen lassen, was ich hier gegenüber gewissen neuerdings auch in die breite Öffentlichkeit gelangten Nachrichten besonders betonen möchte. Aber auch derjenige, welcher aus irgendeinem Grunde das Auftreten eines Widerspruches mit der Erfahrung für möglich oder für wahrscheinlich hält, kann von seinem Standpunkt aus nichts Besseres tun, als an dem Ausbau der Relativitätstheorie mitzuarbeiten und ihre Konsequenzen immer weiter zu treiben. Denn dies wird das einzige Mittel sein, um sie an der Hand der Erfahrung zu widerlegen. Eine solche Arbeit wird dadurch erleichtert, daß die Aussagen der Relativitätstheorie eindeutig und verhältnismäßig durchsichtig sind, und daß sie sich vortrefflich der klassischen Physik einfügen lassen.

Ja, wenn nicht Bedenken historischer Art im Wege ständen, würde ich für meinen Teil keinen Augenblick zögern, die Relativitätstheorie noch mit zur klassischen Physik zu rechnen. Denn sie hat dieser Physik erst gewissermaßen die Krone aufgesetzt, indem sie mit der Verschmelzung von Raum und Zeit auch die Begriffe der Masse und der Energie sowie die der Gravitation und der Trägheit unter einem höheren Gesichtspunkt vereinigt hat. Die Frucht dieser neuen Auffassung ist die tadellos symmetrische Form, welche nunmehr die Erhaltungssätze für Energie und Impuls annehmen, als gleichwertige Folgerungen aus dem Prinzip der kleinsten Wirkung, diesem umfassendsten aller physikalischen Gesetze, welches die Mechanik in gleichem Maße beherrscht wie die Elektrodynamik. —

Diesem imposanten Aufbau von wunderbarer Harmonie und Schönheit steht nun gegenüber die *Quantenhypothese*, als ein fremdartiger bedrohlicher Sprengkörper, welcher schon heute einen klaffenden Riß, von unten bis oben, durch das ganze Gebäude gezogen hat. Die Quantenhypothese ist nicht, gleich der Relativitätstheorie, wie aus einem Guß, als ein einfacher in sich geschlossener Gedanke durchsichtigen Inhalts auf den Plan getreten, um durch einen prinzipiell hochbedeutsamen, aber praktisch in den meisten Fällen kaum merklichen Eingriff die bis dahin bekannten Begriffe und Zusammenhänge der Physik zu modifizieren, sondern

sie hat sich anfangs auf einem ganz speziellen Gebiete, bei der Aufklärung der Gesetze der Wärmestrahlung, wo die klassische Theorie in eine schwere Verlegenheit geraten war, als einziger rettender Ausweg dargeboten. Als es sich dann aber zeigte, daß sie auch noch ganz andere Probleme, wie die der lichtelektrischen Wirkungen, der spezifischen Wärme, der Ionisierung, der chemischen Reaktionen, welche der klassischen Theorie gewisse Schwierigkeiten bereiteten, ihrerseits entweder sofort spielend löste oder wenigstens auffallend förderte, war es bald entschieden, daß sie nicht nur als Arbeitshypothese, sondern als ein neues grundlegendes physikalisches Prinzip zu bewerten ist, dessen Bedeutung überall da sichtbar wird, wo es sich um feine schnelle Vorgänge handelt.

Das Bedenkliche dabei ist nun aber, daß die Quantenhypothese nicht nur den bisherigen Anschauungen widerspricht — das wäre nach dem oben gesagten noch verhältnismäßig leicht zu ertragen — sondern daß sie, wie sich mit der Zeit immer deutlicher herausgestellt hat, einige der für den Aufbau der klassischen Theorie durchaus notwendigen Grundvoraussetzungen geradezu leugnet. Die Einführung der Quantenhypothese bedeutet daher nicht, wie die der Relativitätstheorie, eine Modifikation, sondern eine Durchbrechung der klassischen Theorie.

Selbstverständlich würde nun an sich nichts im Wege stehen, ja man würde sich notwendig dazu entschließen müssen, die klassische Theorie ganz zu opfern, wenn die Quantenhypothese ihr wirklich in allen Punkten entweder überlegen oder wenigstens gleichwertig wäre. Das ist aber auch wiederum durchaus nicht der Fall. Denn es gibt Gebiete der Physik, so besonders das weite Gebiet der Interferenzerscheinungen, in denen sich die klassische Theorie auch den feinsten Messungen gegenüber bis in alle Einzelheiten bewährt hat, während die Quantenhypothese, wenigstens in ihrer einfachsten Form, dort überhaupt versagt, und zwar nicht nur in dem Sinne, daß sie nicht anwendbar wäre, sondern so, daß sie bestimmte Resultate liefert, die mit der Erfahrung nicht übereinstimmen.

So ist es denn gekommen, daß heute jede der beiden Theorien sozusagen ihre besondere Domäne hat, wo sie sich unangreifbar fühlen kann, und daß auf zwischenliegenden Gebieten, wie z. B. bei den Erscheinungen der Dispersion und der Zerstreuung des Lichtes, ein gewisser hin und her wogender Konkurrenzkampf sich abspielt, bei dem beide Theorien annähernd dasselbe leisten, so daß die Physiker je nach ihrer persönlichen Einstellung bald mit der einen, bald mit der anderen Theorie arbeiten — gewiß für jeden, der sich ernsthaft bemüht, nach realen Zusammenhängen zu suchen, ein höchst unbehaglicher, ja auf die Dauer ganz unerträglicher Zustand.

Zur näheren Illustration dieser eigentümlichen Verhältnisse lassen Sie mich aus dem überaus reichen hier vorliegenden Material an experimenteller und theoretischer Forschungsarbeit hier nur ein einziges ganz spezielles Stück herausgreifen, indem ich an zwei einfache Tatsachen anknüpfe. Denken wir uns zwei dünne Strahlenbündel violetten Lichtes, welche dadurch erzeugt sind, daß man einer punktförmigen Lichtquelle einen undurchsichtigen Schirm mit zwei kleinen Löchern gegenüberstellt. Wenn die aus den beiden Löchern austretenden Strahlenbündel mittelst geeigneter Spiegelung so gelenkt werden, daß sie auf einer entfernten weißen Wand zusammentreffen, so erscheint der von ihnen gemeinsam auf der Wand erzeugte Lichtfleck nicht gleichmäßig hell, sondern von dunklen Streifen durchzogen. Das ist die eine Tatsache. Die andere ist die, daß irgendein lichtempfindliches Metall, welches einem dieser Strahlenbündel in den Weg gestellt wird, fortwährend Elektronen mit einer ganz bestimmten von der Lichtstärke unabhängigen Geschwindigkeit von sich schleudert.

Läßt man nun die Intensität der Lichtquelle immer schwächer werden, so bleibt nach allen bisherigen Erfahrungen in dem ersten Falle das Streifenbild völlig ungeändert, nur die Beleuchtungsstärke nimmt entsprechend ab. In dem anderen Fall bleibt aber auch die Geschwindigkeit der ausgeschleuderten Elektronen völlig ungeändert, nur findet das Ausschleudern weniger häufig statt.

Wie trägt nun die Theorie diesen beiden Tatsachen Rechnung? Die erste wird von der klassischen Theorie vortrefflich dadurch erklärt, daß in jedem Punkt der weißen Wand, welcher von beiden Strahlenbündeln gleichzeitig beleuchtet wird, die beiden dort zusammentreffenden Strahlen sich je nach dem Gangunterschied der entsprechenden Lichtwellen entweder schwächen oder verstärken. Die zweite Tatsache wird ebenso vortrefflich von der Quantentheorie dadurch erklärt, daß die Strahlungsenergie nicht in kontinuierlichem Flusse, sondern stoßweise in bestimmten mehr oder weniger zahlreichen gleichen unteilbaren Quanten auf das lichtempfindliche Metall trifft, und daß je ein auffallendes Quant ein Elektron aus dem Metallverband reißt. Dagegen sind bis jetzt alle Versuche gescheitert, entweder die Interferenzstreifen durch die Quantentheorie oder den photoelektrischen Effekt durch die klassische Theorie zu erklären. Denn wenn die Strahlungsenergie wirklich nur in unteilbaren Quanten fliegt, so kann ein von der Lichtquelle emittiertes Quant nur entweder durch das eine oder durch das andere Loch des undurchsichtigen Schirmes fliegen, es können also, bei hinreichend geringer Lichtstärke, unmöglich zwei verschiedene Strahlen gleichzeitig auf einem Punkt der weißen Wand zusammentreffen, und dann ist eine Interferenz ausgeschlossen. In der Tat verschwinden die Streifen stets vollständig, wenn man einen der beiden Strahlen ganz abblendet.

Wenn aber andererseits die von einer punktförmigen Lichtquelle emittierte Strahlungsenergie

sich nach allen Richtungen kontinuierlich über immer größere Räume ausbreitet, so muß sie eine entsprechende Verdünnung erleiden, und es ist nicht einzusehen, wie eine sehr schwache Bestrahlung einem Elektron eine ebenso große Austrittsgeschwindigkeit erteilen kann wie eine sehr starke. Natürlich sind die verschiedensten Versuche gemacht worden, um diese Schwierigkeit zu heben. Der nächstliegende ist wohl der, anzunehmen, daß die Energie der ausgeschleuderten Elektronen gar nicht der auffallenden Strahlung entnommen wird, sondern dem Innern des Metalls entstammt, so daß die Strahlung nur gewissermaßen eine auslösende Wirkung auf das Metall ausübt, wie ein Funke auf ein Pulverfaß. Es ist aber nicht gelungen, die wirksame Energiequelle nachzuweisen oder auch nur plausibel zu machen. Nach einer anderen Annahme soll die Bewegungsenergie der Elektronen zwar der auffallenden Strahlung entstammen, aber die Wirkung soll immer erst dann eintreten, wenn die Bestrahlung so lange gedauert hat, bis die zur Erzeugung einer bestimmten Geschwindigkeit erforderliche Energie vollständig beisammen ist. Das würde aber unter Umständen Minuten und Stunden in Anspruch nehmen, während tatsächlich die Wirkung häufig sehr viel früher eintritt.

Auf den tiefen Ernst der hier vorliegenden Schwierigkeiten wirft ein bezeichnendes Licht der Umstand, daß neuerdings von berufenster Seite sogar der Vorschlag gemacht worden ist, die Annahme der genauen Gültigkeit des Prinzips der Erhaltung der Energie zu opfern — ein Ausweg, der wohl mit gewissem Recht ein verzweifelter genannt werden darf, und der allerdings bald durch besondere Versuche als unzugänglich erwiesen werden konnte.

Während so bisher alle Versuche fehlschlugen, die Gesetze der Elektronenemission vom Standpunkt der klassischen Theorie aus zu begreifen, werden die nämlichen und noch manche andere Gesetzmäßigkeiten, die sich auf die Wechselwirkung von Strahlung und Materie beziehen, sofort verständlich und erscheinen sogar als notwendig, wenn man annimmt, daß die Lichtquanten als einzelne winzige Gebilde selbständig im Raum herumfliegen und beim Anprall auf Materie sich ähnlich verhalten wie wirkliche substantielle Atome.

Da wir uns aber doch notwendig für eine einzige Auffassung entscheiden müssen, so spitzt sich das ganze Problem im Grunde offenbar auf die Frage zu, ob die von der Lichtquelle emittierte Strahlungsenergie sich beim Verlassen der Lichtquelle spaltet, so daß ein Teil durch das eine, ein anderer durch das andere Loch des undurchsichtigen Schirmes geht, oder ob die Energie in unteilbaren Quanten abwechselnd durch eins der beiden Löcher fliegt. Diese Frage richtet sich an jede Theorie der Quanten, und jede Theorie ist genötigt, zu ihr irgendwie Stellung zu nehmen; doch hat bisher noch kein Physiker vermocht, sie befriedigend zu beantworten.

Es ist gelegentlich die Meinung ausgesprochen worden, daß die Schwierigkeiten der Quantentheorie nicht eigentlich bei der Fortpflanzung der Strahlung im freien Luftraum, sondern im Grunde nur bei den Wechselwirkungen zwischen Strahlung und elektrisch geladener Materie auftreten. Dieser Meinung kann ich nicht beipflichten. Denn in der oben formulierten Frage ist nur von der Fortpflanzung der Strahlung die Rede, es fehlt jede Bezugnahme auf Wirkungen, welche die Strahlung ausübt, oder von denen sie herrührt.

Darf man dann aber überhaupt von der Energie der freien Strahlung als von etwas Reellem reden, da doch alle Messungen sich immer nur auf Vorgänge in materiellen Körpern beziehen? — Wenn wir wirklich an der genauen Gültigkeit des Energieprinzips festhalten wollen, was doch gerade durch die neueren Erfahrungen nahegelegt wird, so kann kein Zweifel darüber bestehen, daß dann einem jeden Strahlungsfeld ein ganz bestimmter, mehr oder weniger genau berechenbarer Betrag von Energie zugeschrieben werden muß, der durch Absorption von Strahlung vermindert, durch Emission vermehrt wird. Die Frage ist nur, wie sich diese Energie verhält. Und da kann es ebensowenig zweifelhaft sein, daß wir, um einen Ausweg aus dem schwierigen Dilemma zu finden, uns dazu werden entschließen müssen, an den allerersten Voraussetzungen, von denen wir in der theoretischen Physik auszugehen gewöhnt sind, und die sich bisher allenthalben bewährt haben, gewisse Erweiterungen und Verallgemeinerungen vorzunehmen, — ein Ergebnis, das allerdings für unseren Erkenntnistrieb zunächst gewiß etwas Unbefriedigendes hat. Da es immerhin einige Beruhigung zu gewähren pflegt, wenn man wenigstens die Möglichkeit einer Lösung des Rätsels irgendwo offen sieht, so möchte auch ich der Versuchung nicht widerstehen, mit einigen Worten auf die Frage einzugehen, in welcher Richtung vielleicht der Ausweg gefunden werden könnte.

Das Radikalmittel, allen Schwierigkeiten zu entgehen, wäre ohne Zweifel die Preisgebung der üblichen Annahme, daß die Strahlungsenergie irgendwie lokalisiert ist, d. h. daß in jedem Raumteil eines bestimmten elektromagnetischen Feldes sich zu einer bestimmten Zeit ein bestimmter Energiebetrag vorfindet. Denn wenn man diese Voraussetzung fallen läßt, erledigt sich das ganze Problem einfach dadurch, daß die Frage, ob ein Lichtquant durch das eine oder durch das andere Loch des undurchsichtigen Schirmes fliegt, gar keinen bestimmten physikalischen Sinn hat. Indessen dürfte dieser letzte Ausweg aus dem Dilemma nach meiner Meinung wenigstens vorläufig doch noch einen etwas zu weitgehenden Verzicht darstellen. Denn da die Strahlungsenergie insgesamt einen ganz bestimmten angebbaren Wert besitzt, da ferner das elektromagnetische Vektorfeld, welches durch einen Strahl gebildet wird, mit seinem gesamten raumzeitlichen Verhalten durch die klassische Elektrodynamik bis in alle optische Einzelheiten in genauer Übereinstimmung

mit der Wirklichkeit dargestellt wird, und da endlich die Energie zugleich mit dem Felde entsteht und verschwindet, so wird sich die Frage nach der Art, wie die Energie im einzelnen durch das Feld im einzelnen bestimmt wird, nicht leicht von der Hand weisen lassen.

Wenn wir uns nun dazu entschließen, dieser Frage so weit als möglich nachzugehen, so scheint, um dem Zwang der gestellten Alternative zu entgehen, wohl der Gedanke naheliegend, daß man den gesetzlichen Zusammenhang, der zwischen einem Strahl, oder deutlicher gesprochen, zwischen einer elektromagnetischen Welle einerseits und zwischen der von ihr mitgeführten Energie anderseits besteht, zwar beibehält, aber nicht so einfach und so eng annimmt, als es die klassische Theorie tut. Nach der klassischen Theorie enthält nämlich jeder Teil einer elektromagnetischen Welle, auch der allerkleinste, einen entsprechenden, seiner Größe proportionalen Betrag an Energie, der sich mit ihr zusammen ausbreitet. Wenn man diesen festen Zusammenhang lockert, d. h. wenn man es zuläßt, daß die Energie der Welle nicht in so direkter Weise bis in die feinsten Teile mit ihr verknüpft ist, so wird eine Möglichkeit dafür geschaffen, daß die von der Lichtquelle ausgesandte Welle sich in beliebig viele Teile spaltet, im Sinne der klassischen Theorie, und daß dennoch die Energie der Welle an bestimmten Stellen konzentriert ist, im Sinne der Quantentheorie. Der erste Umstand ermöglicht die Erklärung der Interferenzerscheinungen, dadurch daß auch die schwächste Welle teilweise durch das eine, teilweise durch das andere Loch des undurchsichtigen Schirmes geht, der andere Umstand ermöglicht die Erklärung des lichtelektrischen Effektes, dadurch daß die Welle ihre Energie immer nur in ganzen Quanten auf die Elektronen prallen läßt. Aber wie soll man sich einen Teil einer Lichtwelle ohne die seiner Größe entsprechende Energie denken? Das ist gewiß eine harte Zumutung, aber nach meiner Meinung ist das im Grunde nicht schwerer, als sich einen Teil eines Körpers ohne die seiner Dichte entsprechende Materie zu denken. Zu der letzteren Annahme sind wir aber bekanntlich durch die Tatsache genötigt, daß die Materie bei fortgesetzter räumlicher Teilung ihre einfachen Eigenschaften verliert, da ihre Masse nicht mehr dem von ihr eingenommenen Raume proportional bleibt, sondern sich in eine Anzahl diskreter Moleküle von bestimmter Größe auflöst. Ganz ähnlich könnte es bei der elektromagnetischen Energie und dem ihr zugeordneten Impuls sein.

Bisher war man gewohnt, die elementaren Gesetze der elektrodynamischen Vorgänge ausschließlich im unendlich Kleinen zu suchen. Man teilte alle elektromagnetischen Felder nach Raum und Zeit in unendlich kleine Teile und stellte ihr gesamtes gesetzliches Verhalten durch raumzeitliche Differentialgleichungen dar. In dieser Beziehung müssen wir offenbar von Grund aus umlernen. Denn es hat sich gezeigt, daß diese einfache Gesetzlichkeit bei einer gewissen Grenze der Teilung ein Ende hat, und daß für noch feinere Vorgänge eine gewisse Komplizierung eintritt, von einer Form, die zu einer Atomisierung der raumzeitlichen Wirkungsgröße, also zu der Annahme von Wirkungselementen oder Wirkungsatomen drängt. In der Tat ist es sehr augenfällig und bemerkenswert, daß unter allen Gesetzen, in welchen das universelle Wirkungsquantum eine Rolle spielt, kein einziges durch eine Differentialgleichung ausgedrückt wird, sondern daß sie insgesamt sich auf endliche Räume und auf endliche Zeiten beziehen, nämlich auf bestimmte Schwingungsperioden, auf vollständige Umläufe, auf endliche Sprünge usw. Es scheint also, daß wir, um diesem Umstand gehörig Rechnung zu tragen, die Beziehungen zwischen unendlich benachbarten Größen wenigstens zum Teil ersetzen müssen durch Beziehungen zwischen endlich entfernten Größen. Dann tritt an die Stelle des Differentiales die Differenz, an die Stelle der Stetigkeit die Diskontinuität, an die Stelle der Analysis die Arithmetik.

Einen vielversprechenden Anfang in dieser Richtung bezeichnet die Begründung der sog. Quantenmechanik, wie sie neuerdings in den Händen der Göttinger Physiker HEISENBERG, BORN und JORDAN bereits schöne Erfolge gezeitigt hat. Aber erst die weitere Entwicklung muß zeigen, inwieweit wir auf dem durch die Quantenmechanik eröffneten Wege der Lösung unseres Problems näher kommen können. Denn auch die schönsten mathematischen Spekulationen schweben so lange in der Luft, als ihnen nicht durch bestimmte Erfahrungstatsachen ein fester Halt gegeben wird, und wir müssen hoffen und vertrauen, daß die Kunst der experimentierenden Physiker, welche schon in so manchen verfänglichen Fragen die zweifelsfreie Entscheidung gebracht hat, auch in dem vorliegenden schwierigen Falle das Dunkel aufhellen wird. Dann kann kein Zweifel darüber bestehen, daß der durch den Ansturm der Quantenhypothese von dem Gebäude der klassischen Physik abgesprengte Teil als wertloser Schutt zu Boden sinken und durch einen passenderen und festeren Anbau ersetzt werden wird.

Wir haben gesehen, wie die Physik, die noch vor einem Menschenalter zu den ältesten und ausgereiftesten Wissenschaften von der Natur gezählt werden konnte, gegenwärtig in eine Sturm- und Drangperiode eingetreten ist, die wohl die interessanteste von allen bisherigen zu werden verspricht. Ihre Überwindung wird uns nicht nur zur weiteren Entdeckung neuer Naturvorgänge, sondern sicherlich auch zu ganz neuen Einsichten in die Geheimnisse der Erkenntnistheorie führen. Vielleicht erwarten uns auf dem letzteren Gebiet noch manche Überraschungen, und es könnte sich wohl ereignen, daß dabei gewisse ältere, jetzt in Vergessenheit geratene Anschauungen wieder aufleben und eine neue Bedeutung zu gewinnen anfangen. Deshalb dürfte ein aufmerksames Stu-

dium der Anschauungen und Ideen unserer großen Philosophen auch in dieser Richtung sehr förderlich wirken können.

Es hat Zeiten gegeben, in denen sich Philosophie und Naturwissenschaft fremd und unfreundlich gegenüberstanden. Diese Zeiten sind längst vorüber. Die Philosophen haben eingesehen, daß es nicht angängig ist, den Naturforschern Vorschriften zu machen, nach welchen Methoden und zu welchen Zielen hin sie arbeiten sollen, und die Naturforscher sind sich klar darüber geworden, daß der Ausgangspunkt ihrer Forschungen nicht in den Sinneswahrnehmungen allein gelegen ist, und daß auch die Naturwissenschaft ohne eine gewisse Dosis Metaphysik nicht auskommen kann. Gerade die neuere Physik prägt uns die alte Wahrheit wiederum mit aller Schärfe ein: es gibt Realitäten, die unabhängig sind von unseren Sinnesempfindungen, und es gibt Probleme und Konflikte, in denen diese Realitäten für uns einen höheren Wert besitzen als die reichsten Schätze unserer gesamten Sinnenwelt.

Giovanni Battista Grassi.

Ein großer Zoologe und Parasitologe Italiens.

Von CONSTANTIN JANICKI, Warschau.

(Schluß.)

Unter dem Einfluß von PATRICK MANSON begann eine neue Ära in der **Malariaforschung**, nachdem die Rolle und das Schicksal des Parasiten im menschlichen Organismus durch frühere ausgedehnte Untersuchungen — namentlich von GOLGI sowie von MARCHIAFAVA und CELLI — geklärt worden war. Nach eigener Entdeckung war MANSON ein Moskito als Zwischenwirt der Blutfilarie des Menschen, *Filaria sanguinis*, bekannt. Die Moskitotheorie der Malaria gewann an Wahrscheinlichkeit. Auf das Anraten MANSONS unternahm RONALD ROSS, Militärarzt in Indien, Untersuchungen über menschliche Malaria (1895).

Das Problem erwies sich als von Schwierigkeiten strotzend. Versucht wurde vielerlei: gesunden Personen wurde Wasser zu trinken gegeben, in dem Moskitos zerdrückt waren, die vorher an Malariakranken gesaugt hatten, desgleichen Wasser mit Psorospermien aus den MALPIGHIschen Gefäßen derartiger Moskitos (beidemal angeblich mit einigen positiven Resultaten); außerdem wurden Moskitos, nicht nach den Prinzipien der wissenschaftlichen Systematik bestimmt, aus Larven gezüchtet und mit Krankenblut genährt, zunächst ohne Resultat; sodann bei Anwendung einer besonderen Art „dappled-winged mosquitoes" in sehr wenigen Exemplaren mit dem Resultat, in zwei der Moskitos pigmentierte Zellen von verdächtigem Habitus gefunden zu haben (1897); später (1898), in ähnlicher Weise, zweimaliger Befund von zum Teil großen pigmentierten Zellen in einem Moskito mit gefleckten Flügeln resp. in einem grauen Moskito. Ross selbst äußerte sich seinerzeit sehr vorsichtig und kritisch über diese zwar mühevoll errungenen, aber doch fragmentarischen und u. a. eine Deutung als pathologische Zellen zulassenden Befunde. FR. ECKSTEIN, der vom Standpunkt eines Entomologen die Sachlage sehr genau nachgeprüft hatte, äußert sich wie folgt über die Berichte von Ross: „Seine allgemeinen Angaben über die Moskitos sind derart dürftig, daß man daraus ebenso wie aus der darauffolgenden Beschreibung entnehmen kann, daß es Ross zunächst gar nicht auf die genaue Beschreibung des übertragenden Insekts ankam, sondern auf die Feststellung der Entwicklung des Parasiten in einer Mücke überhaupt"[1]).

Nicht imstande, den Entwicklungszyklus der menschlichen Malaria festzustellen, zum Teil wohl auch auf Grund von sehr ungünstigen, durch eine Pestepidemie hervorgerufenen Verhältnissen, wandte sich Ross, gleichfalls in Indien, der Vogelmalaria zu (1898). Wir wissen heute, daß hier das Experimentieren mit dem einen der Malariaparasiten (*Proteosoma praecox* GRASSI e FELETTI 1890) viel leichter ist, als mit der menschlichen Malaria; die hohe Temperatur Indiens war überdies dem Verlauf der Experimente sehr günstig. Es gelang ihm, „grey-mosquitoes", die an kranken Sperlingen gesaugt hatten, mit den Parasiten zu infizieren, die Sporozoiten in den Speicheldrüsen des Insekts wurden entdeckt und ihre Übertragung beim Stich in das Blut des Vogels festgestellt. Der Prozeß der Befruchtung wurde durch MACCALLUM im Jahre 1897 bei *Halteridium* aus dem Blut von *Corvus americanus* entdeckt. Ross schließt per analogiam, daß die menschlichen Parasiten einen ähnlichen Zyklus in den Moskitos und vielleicht auch in anderen Insekten hätten. Außerdem aber wurde durch ROSS den sog. „schwarzen Sporen", nach ihm „formes durables", der menschlichen Malaria Bedeutung zugeschrieben; sie sollten in Wasser außerhalb des Insekts reifen, auf die Larve, sodann auf Imago übergehen, und derart könnten die Parasiten in mehreren Generationen von Insekten sich aufhalten, ohne einen Übergang in den Menschen durchaus nötig zu haben.

Auch auf dem Kontinent hatte die Moskitotheorie der Malaria Anhänger gefunden, zum Teil schon früher, zum Teil gleichzeitig mit dem oben Geschilderten. LAVERAN, BIGNAMI, DIONISI und ROBERT KOCH suchten es wahrscheinlich zu machen,

[1]) Vgl. FRITZ ECKSTEIN, Zur Entdeckungsgeschichte der Malaria. Zool. Anz. 58, 148. 1924. Siehe ferner: B. GRASSI, Nach fünfundzwanzig Jahren, Zentralbl. f. Bakteriol., Parasitenk. u. Infektionskrankh., Abt. 1, Orig. 92. 1924; M. SELLA, Artikel in: Vers la Santé, Bd. V. 1924. Paris.

daß Moskitos („le zanzare" der italienischen Autoren) mit der Malaria im engsten Konnex stünden.

Im Juli 1898 greift GRASSI mit aller Wucht in das Problem der Übertragung der menschlichen Malaria ein. Zwei Umstände hatten den römischen Zoologen, wie er selbst bekennt, veranlaßt, die Frage wieder aufzunehmen[1]) und dem Studium der großen Plage Italiens seine volle Kraft und Zeit zu widmen. Es waren dies: 1. die Entdeckung der Amerikaner SMITH und KILBORNE, daß die Malariainfektion bei den Rindern (Texasfieber) durch einen dem menschlichen Malariaparasiten sehr nahestehenden Organismus (*Babesia*) hervorgerufen, vermittels einer Zeckenart übertragen wird; diese Übertragungsart wurde sodann durch ROBERT KOCH bestätigt; 2. die Entdeckung von Ross, daß für die Malariaparasiten der Vögel ein Moskito als Zwischenwirt dient.

Zu jener Zeit (Mitte Juli 1898) konnte man wohl Vermutungen per analogiam über die Übertragungsart der menschlichen Malaria hegen, auf Grund der zwei ebengenannten Fortschritte; etwas Sicheres und Bestimmtes aber, worauf das eminent praktische Problem der Malaria (namentlich die Prophylaxis) sich stützen könnte, hatte nicht vorgelegen.

Die Art und Weise, wie GRASSI der Lösung des Problems zusteuerte, hat geniale Züge, sie verrät vor allem einen Zoologen, und zwar einen, der schon im Aufsuchen von Zwischenwirten (Cestodes) wohl erprobt war; seine besondere Methode sicherte ihm mit einem Schlage einen Vorzug gegenüber den damals gleichzeitig dem großen Problem sich widmenden hervorragenden Forschern (RONALD ROSS, ROBERT KOCH)[2]).

Es war nicht ein unbestimmtes, tastendes Suchen auf gut Glück nach blutsaugenden Insekten, mit denen man experimentieren könnte. Eine induktive Arbeit schärfster Art ging den Untersuchungen voraus. GRASSIS Methode war: stufenweise Exklusion von verdächtigen Formen auf Grund von ausgedehnten faunistisch-epidemiologischen Studien. Demgegenüber hatte Ross wenig Interesse für derartige Unternehmen: „Ich persönlich kümmere mich nicht viel um epidemiologische Beobachtungen. Wir glauben, durch direkte Experimente die Mücken zu finden, die die Malaria übertragen, und welche nicht[3])." GRASSI argumentierte wie folgt: Wenn tatsächlich unter den Moskitos der Zwischenwirt zu suchen ist, so können nur bestimmte von ihnen angeschuldigt werden, da es notorisch in Italien Gegenden gibt, die voll von Moskitos sind, aber keine Malaria aufweisen[1]). Auf Grund von vergleichenden Untersuchungen der faunistischen Zusammensetzung der Moskitos verschiedener Gegenden sollte nach und nach, durch stufenweises Ausschließen, der Schuldige erkannt werden. Es sei hinzugefügt, daß der vulgäre Name „Moskitos" die Genera: *Culex, Anopheles, Aedes, Ceratopogon* (*Mycterotypus*), *Simulia, Phlebotomus* umfaßt; die Arten dieser Gattungen übertreffen einhundert, die Familie *Culicidae* allein umfaßte damals in Europa 23 Spezies (FICALBI, Nol), woraus man den Umfang der Untersuchungen ersehen mag. Fest stand der Satz, daß es zwar keine Malaria ohne Moskitos gebe, daß aber wohl Moskitos ohne Malaria vorkommen können.

In rastloser Arbeit, vom 15. Juli an, untersucht GRASSI vergleichend eine Reihe von malarischen und nichtmalarischen Standorten Italiens (Lombardia, Maremma Toscana, Campagna Romana, Napoli usw.), berücksichtigt ferner auch die Umgebung von Schwetzingen bei Heidelberg. Sehr bald konnte GRASSI feststellen, daß die Malariagegenden durch ganz bestimmte Moskitoarten charakterisiert waren, die in den übrigen Gegenden fehlten. Bereits im September 1898 kann er drei Moskitos als verdächtig bezeichnen: *Anopheles claviger* und zwei *Culex*arten (doch schließt er *C. pipiens* aus). In Gemeinschaft mit BIGNAMI gelingt positiv die experimentelle Infektion eines gesunden Menschen in einem nichtmalarischen Milieu nach Stichen von *nur* den drei verdächtigen Moskitos. Anfang Dezember erreichten GRASSI, BIGNAMI und BASTIANELLI künstliche Infektion des Menschen mit Tertiana duplex ausschließlich durch Stiche von *Anopheles claviger*. Ende Dezember gelingt es den drei Forschern, den ganzen Entwicklungskreis des Malariaparasiten (*Plasmodium praecox*, Aestivo-Autumnalfieber) in *A. claviger* zu verfolgen; sie finden im Zwischenträger identische Vorgänge, welche von Ross für *Proteosoma* der Vögel festgestellt worden waren. Rasch folgen sich weitere Entdeckungen der drei italienischen Autoren: neue Anopheliden werden schuldig erkannt; die „braunen Sporen" („formes durables" von Ross) werden als degenerierte Malariaparasiten ohne Bedeutung nachgewiesen; es wird der Beweis erbracht, daß frisch ausgeschlüpfte Anopheliden keine Malaria übertragen. Ohne seine Mitarbeiter setzt GRASSI weiterhin allein die Untersuchungen fort; sämtliche *Culex*arten (10 Spezies) werden als Überträger ausgeschlossen, desgleichen mehrere andere blutsaugende Dipteren; zu den früher erkannten *Anopheles claviger, A. pictus, A. bifurcatus* wird *A. pseudopictus* als Zwischenträger hinzugefügt, womit sämtliche italienische *Anopheles*arten definitiv als Malariaüberträger gebrandmarkt werden.

Im kurzen Zeitraum von 14 Monaten (15. Juli

[1]) GRASSI hatte, zusammen mit CALANDRUCCIO, 1890 bis 1892 in Catania mit den gewöhnlichen Schnaken (*Culex pipiens*) experimentiert, doch — wie jetzt begreiflich — ohne Erfolg.

[2]) Im Jahre 1898 ist in Italien eine Expedition zum Studium der Malaria, bestehend aus ROB. KOCH, PFEIFFER und KOSSEL, eingetroffen.

[3]) Brief von Ross, zitiert nach ECKSTEIN, loc. cit. S. 224.

[1]) Unter diesen Gegenden seien genannt: Zentrum der Stadt Venedig, Riviera Ligure von Genua bis Nizza, Bagni di Montecatini, der größte Teil von Messina, von Catania, viele Ortschaften um Como usw.

1898 bis September 1899) wurde von GRASSI, zum Teil mit seinen Mitarbeitern BIGNAMI und BASTIANELLI, in raschen Schritten eine Riesenarbeit vollbracht. Die Resultate wurden, jeweilen nach den einzelnen Etappen der Forschungen, in durchschnittlich kurzgefaßten Mitteilungen in den „Rendiconti della R. Accademia dei Lincei" (Roma) publiziert (10 Mitteilungen, Classe sc. fis. mat. e nat. 7, 8, darunter eine Mitteilung mit DIONISI, außerdem eine in „Policlinico" 5, 1898). Nach Abschluß der Forschungen hatte GRASSI alles in einem schönen Werk: „Studi di uno zoologo sulla malaria" (1. Aufl. 1900) mit prächtigen Tafeln geschmückt, zusammengefaßt. Das Werk ist auch deutsch erschienen: „Die Malaria, Studien eines Zoologen" in 2. Auflage, G. Fischer, Jena 1901. Die denkwürdigen Experimente am Menschen wurden im alten Ospedale di Sto. Spirito (Prof. BIGNAMI und Prof. BASTIANELLI) am Tiberufer im Borgo San-Pietro durchgeführt, später auch in einer einsamen Villetta in Maccarese (Campagna Romana)[1]).

Die Anopheleslehre, d. h. die Entdeckung, daß ohne Anopheliden keine Malaria existieren kann und daß ausschließlich Stadien im lebenden Insekt (außer dem Menschen) in Betracht kommen, ist eine imposante Errungenschaft der Wissenschaft, zugleich von eminent praktischer Bedeutung[2]). Der Ausbau dieser Lehre ist von GRASSI allein begonnen worden, in Gemeinschaft mit BIGNAMI und BASTIANELLI ist das entscheidende Experimentum crucis durchgeführt worden, den Abschluß der Forschungen führte wieder GRASSI allein aus.

Das Gesagte zusammenfassend, ergibt sich als Schlußresultat folgendes.

Ross gebührt das unzweifelhaft große Verdienst, als erster auf einem von der Forschung noch nicht betretenem Wege den Entwicklungszyklus von *Proteosoma praecox*, dem Erreger der Vogelmalaria, in *Culex* fast vollständig verfolgt zu haben (die geschlechtlichen Vorgänge des Parasiten sind bei *Halteridium* von MAC CALLUM entdeckt worden). Ross kann auch das Verdienst nicht abgesprochen werden, einen analogen Zyklus[3]) für den menschlichen Malariaparasiten vermutet zu haben.

Die reale Tat, den Überträger der menschlichen Malaria in den Arten des Genus *Anopheles* ausschließlich und bestimmt erkannt zu haben, sowie den Entwicklungszyklus in allen Einzelheiten in diesem Insekt dargestellt zu haben, ist, trotz gleichzeitiger namhafter Bestrebungen, niemand gelungen außer GRASSI in Gemeinschaft mit seinen Mitarbeitern BIGNAMI und BASTIANELLI.

Ich bin mit FR. ECKSTEIN vollkommen einig, wenn er in folgendem Satz seine äußerst gewissenhafte historische Skizze zusammenfaßt: „GRASSI gebührt darum vor Ross, dem Entdecker des Kreislaufs des *Proteosoma*, das Hauptverdienst an der Erforschung der Malaria des Menschen durch die Feststellung des Überträgers und, in Gemeinschaft mit BIGNAMI und BASTIANELLI, der Erforschung des Entwicklungszyklus des Plasmodiums im *Anopheles*, den GRASSI zuerst als den alleinigen Überträger bezeichnet"[1]).

Diese Errungenschaft, welche — wie sie gleich in den ersten vorläufigen Mitteilungen GRASSIS rasch niedergelegt war — unerschüttert dasteht und welche allein die sichere Grundlage für alle Prophylaxis der Malaria abgibt, hatte leider GRASSI nicht die Ehren — oder wenigstens nicht sofort — eingebracht, die diesem Manne der Wissenschaft gebührt hätten. Wenn für die Lösung des Problems der Malariaübertragung Ross allein seinerzeit vom Nobelpreis ausgezeichnet worden war, so ist das entschieden ungerecht[2]). Ross und GRASSI hatten zum mindesten gleiche Verdienste gehabt. Der Meister fühlte sich gekränkt und, wie wir fest glauben, mit Recht. Er wandte sich für eine Reihe von Jahren von der Malariaforschung ab.

Es wirkte daher wie ein freudiger Sonnenstrahl, als im Jahre 1908 die medizinische Fakultät der altehrwürdigen deutschen Universität Leipzig, aus Anlaß der Festfeier ihres 500jährigen Bestehens,

---

[1]) Einen treuen, für die Arbeit begeisterten Diener hatte GRASSI in einem braven Abruzzesen, GESUALDO MASCITTI, gefunden. Die Buchstaben des Alphabets zusammenzustellen machte ihm heillose Schwierigkeit; in der Kenntnis der Anophelidenspezies würde er manchen Spezialisten beschämen!

[2]) Der erste Verdacht auf *Anopheles* ist von GRASSI im August 1898 in einer, diese Mücken führenden Stube der Trattoria zu Locate Triulzi, wenige Kilometer vor Mailand, gefaßt worden. Die Geburtsstätte dieses folgenschweren Gedankens möge die Nachwelt sich merken.

[3]) Es sei hier noch erwähnt, daß die Wahrscheinlichkeit einer Analogie keineswegs andere Möglichkeiten ausgeschlossen hatte. Die Natur ist vielfach eben durchaus nicht schematisch. So wird *Filaria bancrofti* (= *F. sanguinis*) durch *Culex-*, *Anopheles-* resp. *Stegomyia*stiche übertragen; *Filaria* (*Dracunculus*) *medinensis* aber durch *Cyclops* beim Trinken! Die menschlichen großen Taenien haben *einen* Zwischenwirt, *Dibothriocephalus* aber hat 2 Zwischenwirte; *Hymenolepis nana* des Menschen entwickelt sich (nach GRASSI) direkt, ohne Zwischenwirt! Die Arbeit GRASSIS nach dem *Proteosoma*zyklus war demnach durchaus nicht so „selbstverständlich", wie man das leider mancherorts (MÜHLENS, Die Plasmodiden S. 1430) liest.

[1]) ECKSTEIN, l. c. S. 227.

[2]) Es war leicht, nachdem die Tat GRASSIS vollzogen war, bei Ross Andeutungen des Richtigen vorzufinden. Nach geschehener Tat ist jeder klug — del senno di poi ne son piene le fosse, sagt der Italiener; warum aber haben die Kritiker GRASSIS nicht in den Mitteilungen von Ross seinerzeit das lesen können, was nach ihrer Meinung GRASSI in denselben lesen mußte? War denn ein leichter Weg offen? Ross selbst schrieb im Dezember 1898 aus Kalkutta (Ann. de l'Inst. Pasteur, 2. Février 1899): „Une oeuvre considérable, capable d'occuper un ou même plusieurs savants, reste à accomplir." Als aber diese Arbeit, die damals niemand lösen konnte, durch GRASSI und seine Mitarbeiter in kürzester Zeit, in einem bewunderungswürdigen Schwung, vollbracht wurde, da ist sie auf einmal „leicht" geworden!

GRASSI die Würde eines Doktors *honoris causa* verliehen hatte. Der Text des Diploms lautet: „JOHANNES BAPTISTA GRASSI qui subtilissima sagacissimaque investigatione permultorum animalium parasiticorum naturam illustravit, imprimis vero eis quae de malariae morbi contagione, summa laboris studiique contentione statuit, pestem illam generis humani efficacissime docuit impugnare eoque laudem meruit aeternam."

Wieder wendet sich GRASSI einem biologischen Problem von hohem praktischen Interesse zu, demjenigen der **Phylloxera**. Im Jahre 1905 beginnen die Untersuchungen; die Notwendigkeit, dieselben — was Beobachtungen und Experimente in der Natur anbetrifft — außerhalb Roms durchzuführen (hauptsächlich im R. Osservatorio antifillosserico di Fauglia [Pisa], sowie in Palermo), läßt eine nach und nach sich erweiternde Organisation von Mitarbeitern entstehen, in erster Linie ANNA FOÀ und GRANDORI. Im Jahre 1912 erscheint ein wahres Monumentalwerk, das unter der Direktion von GRASSI 4 Autoren seiner Schule auf dem Titel nennt, nachdem in dem genannten Zeitraum über 30 besondere Publikationen über den fortschreitenden Gang der Untersuchungen informierten („Contributo alla Conoscenza delle fillosserine ed in particolare della fillossera della vite". Roma 1912).

In dem ersten Hauptteil des Werkes werden die verschiedenen italienischen Phylloxeriden — 12 Spezies der Pappeln- und Eichenphylloxeren — mit Ausnahme derjenigen der Weinrebe behandelt, und zwar sowohl vom Standpunkt der modernen Systematik wie auch vom Standpunkt der Lebenszyklen; 6 von diesen Zyklen sind ganz neu, 4 enthalten Verbesserungen gegenüber den früheren Autoren.

Der zweite Hauptteil ist ausschließlich *Phylloxera vastatrix* gewidmet — nach den Nomenklaturregeln sollte es *Viteus vitifolii* Shimer 1867 heißen — er ist aber durch vergleichende Betrachtungen mit dem ersten Teil eng verbunden. Das Werk ist rein theoretisch abgefaßt, enthält aber auch ein Kapitel von unmittelbarer praktischen Bedeutung, bet. „Der Kampf gegen die *Phylloxera*" — eine für Italien hochwichtige ökonomische Frage (im Jahre 1905 waren 1500 Gemeinden infiziert in einer Ausdehnung von 40 000 ha Weinbergen). Bis auf GRASSI hatte der durch BALBIANI (1873—1884) festgestellte Entwicklungszyklus gegolten. Der französische Zoologe hatte viel Bedeutung den geflügelten Formen für die Verbreitung von *Phylloxera* zugeschrieben. Diese schienen einen festen Platz zu behaupten in der vollständigen Generationenfolge: Gallicola, Radicicola, Alata, Sexuata (welch letztere das befruchtete Ei ablegt). Die geflügelte Form sollte berufen sein, neue Kolonien zu gründen, die Spezies im Raum zu verbreiten, sie wäre, mit einem Wort, die am meisten zu befürchtende Form von *Phylloxera*. Die Untersuchungen GRASSIS und seiner Mitarbeiter hatten nun für die europäische Rebe in Italien ganz andere Verhältnisse klargelegt.

Das auf die europäische Rebe in Italien nur höchst selten zur Ablage gelangende Winterei ist in der Regel nicht imstande die Pflanze zu infizieren. Die aus dem Winterei ausschlüpfende junge Larve kann auf das Leben über der Erde nicht verzichten (Blattgallen). Die eventuell zur Entwicklung gelangenden Gallengenerationen auf den Blättern erlöschen, bevor *die* Formen erschienen wären, welche zum Übergang auf die Wurzeln und zur Infektion derselben bestimmt sind. Das Produkt des Wintereies auf europäischen Reben geht somit fast immer verloren. Daraus ergibt sich, daß die geflügelte Generation, welcher BALBIANI so viel Bedeutung zugeschrieben hatte, kein Verbreitungsmittel der *Phylloxera* auf europäischen Reben in Italien darstellt, und, wo keine amerikanischen Reben mit Blattgallen vorhanden sind, pflanzt sich die *Phylloxera* in der Regel ausschließlich durch Parthenogenese der Wurzelläuse fort. Diese letzteren gewinnen somit vom Standpunkt der Infektionsgefahr die Hauptbedeutung und der Kampf gegen die *Phylloxera* hat sich gegen die Verschleppung der Wurzelläuse zu richten, deren Verbreitung übrigens, nach den Autoren, auch mit Hilfe der Winde nicht ausgeschlossen ist.

Vom allgemeinbiologischen Standpunkt verdient das durch GRASSI errungene Resultat Beachtung, daß die Geschlechtsgeneration auf den europäischen Reben entweder gänzlich zum Auslöschen gelangt ist, oder aber nur in höchst seltenen Fällen sich aufrecht erhält. Der typische Lebenszyklus erleidet somit eine weitgehende Vereinfachung. Es ist von GRASSI und seiner Schule der definitive Nachweis erbracht worden, daß in weiten Gegenden die *Phylloxera* von dem Moment ihrer Einschleppung an bis nach mehreren Jahren trotz dem sicheren Ausfall der Geschlechtsgeneration keine Schwächung in ihrer Vitalität erfahren hatte. Dieses Resultat ist namentlich im Lichte der weitabweichenden älteren Anschauungen BALBIANIS, welche unter dem Einfluß der damals herrschenden „Verjüngungstheorie" standen, zu beurteilen. BALBIANI hatte eine graduelle Abnahme der Reproduktionskraft bei *Phylloxera*, bis zur Sterilität, angenommen, falls nicht der erfrischende Einfluß einer Geschlechtsgeneration mit eingeflochten worden wäre. In praktisch absehbaren Zeiträumen hatten die italienischen Forschungen dieser Auffassung den Boden entzogen[1]).

Nur ganz kurz kann hier erwähnt werden, daß das Werk in erschöpfender Beschreibung und in ausgezeichneten Abbildungen (19 zum Teil farbige Doppeltafeln, viele Textfiguren) neue morphologische Beobachtungen über äußere Chitingebilde, Muskeln, Mundapparat sowie andere Organsysteme liefert, daß die einzelnen Formen

[1]) Über die vom Menschen experimentell zu beurteilenden Zeiträume hinaus mag allerdings das obige Problem noch einer rein theoretischen Diskussion zu unterwerfen sein.

des Zyklus eine ausführliche Schilderung im Habitus sowie in ihrer Biologie — mühsam in der Natur und im Experiment studiert — erfahren, daß zur Bezeichnung der besser präzisierenden Formen des Zyklus zum Teil eine neue Terminologie eingeführt wird (neogallicolae-gallicolae; neogallicolae-radicicolae; neoradicicolae usw.), daß die Resistenz der amerikanischen Rebe eine Besprechung erfährt usw. Von Interesse sind Angaben über die Rudimentation der Flügel sowie des Darmkanals. Niemals wurde eine *Phylloxera* mit offenem Anus beobachtet. *Phylloxera* sexupara im reifen Zustand (d. h. nachdem sie vier Häutungen durchgemacht hatte) pflanzt sich ohne jegliche Nahrungsaufnahme fort.

Es ist besonders hervorzuheben, daß in einem an praktisch wichtigen Details überreichen Werk (die Studien wurden im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft usw. durchgeführt und publiziert) GRASSI auch die Probleme der neueren Vererbungstheorie nicht außer acht gelassen hatte. Ein „präinduzierter Dimorphismus" äußert sich darin, daß eine und dieselbe Virginopara aptera gallicola zwei Sorten von Eiern produzieren kann, die einen liefern wieder Gallicolae, die anderen Radicicolae. Die zweierlei Eier waren morphologisch nicht zu unterscheiden, bis der Embryo eine bestimmte Entwicklungsstufe erreicht hatte. Das Verhältnis zwischen der Zahl der Neogallicolae-gallicolae resp. den Neogallicolae-radicicolae von ein und derselben Mutter variiert sehr stark in Abhängigkeit von der Saison, von der Qualität der Rebpflanze und des Erdbodens. Im allgemeinen haben ungünstige Existenzbedingungen auf den Blättern zur Folge, daß die Gallicolamutter vornehmlich oder ausschließlich Radicicolae hervorgehen läßt, welche entsprechenden Schutz auf den Wurzeln finden. „È questo uno di quei mirabili adattamenti, che benchè spesso si incontrino in biologia, ogni volta che si affacciano di nuovo non mancano di destare la nostra meraviglia" (GRASSI l. c., p. 402).

Mit TOPI hatte GRASSI Experimente angestellt, welche beweisen, 1. daß auf bereits deponierte Eier Milieuänderungen nicht von Einfluß sind, 2. daß unzweifelhaft ein Einfluß der Rebe auf die Mutter selbst in der Produktion der Nachkommen sich kundgibt. Die Erzeugerin ist erblich prädisponiert zu derartigen Mutationen; innere und äußere Faktoren sind daher gleichzeitig im Spiel. — Diese Erscheinungen wurden von GRASSI mit der Sexualität bei Daphnien verglichen. Die *Phylloxera* radicicola besitzt die Tendenz zur Sexualität zurückzukehren; umgekehrt, im Produkt des Wintereies, der Gallicola fundatrix, ist diese Tendenz gleich Null. Mit der Sukzession von Generationen[1]), von dieser letzteren aus, ist der Prozentsatz der Radicicolae, d. h. der zur Sexualität strebenden Formen, stets ein wachsender. Der Parallelismus zwischen *Phylloxera* und den Daphniden ist nach GRASSI nicht nur ein oberflächlicher, vielmehr deutet diese Analogie auf innere Verwandtschaft der Erscheinungen selbst hin.

Als „induzierten Dimorphismus" vermerkt GRASSI die weitere Tatsache, daß Neogallicolae-radicicolae, von der dritten Generation an, entweder zu Alatae sich entwickeln können oder aber die flügellose Form behalten. Im Zusammenhang damit kann ein und dieselbe Virginopara aptera neogallicola-radicicola erzeugen sei es 1. andere Radicicolae apterae, sei es 2. Virginoparae alatae sexuparae Männchen erzeugend (masculiparae), sei es 3. Virginoparae alatae sexuparae Weibchen erzeugend (feminiparae) — demnach eigentlich ein Trimorphismus. Dem durch GRASSI und seine Mitarbeiter definitiv festgestellten Satz, daß ein und dieselbe Neonata, die sog. „larva-prima" unter Häutungen sei es zu einem apteren Weibchen wird, das sich parthenogenetisch fortpflanzt (Virginopara), sei es zu einer geflügelten Sexupara wird, dürfte hohe Bedeutung in Diskussionen über die Bedingungen der geschlechtlichen Differenzierung zukommen. Auch hier wiederum sind es, nach GRASSI, nicht die äußeren Faktoren allein, die entscheiden; es muß bereits eine hereditäre Bipotenz angenommen werden, welche je nach den äußeren Bedingungen in der einen oder in der anderen Richtung die Entwicklung beeinflußt. — Eine Vererbung erworbener Eigenschaften nimmt GRASSI in keinem Fall an. Wo solche (Amphibien, Schmetterlinge) nach Experimenten vorzuliegen schien, handelt es sich nach GRASSI nicht um Neuerworbenes, vielmehr um Äußerungen des Atavismus, d. h. um Eigenschaften, welche einst unter abweichenden Bedingungen real existiert hatten, also um eine latente Potentialität, die durch das Experiment wieder zur Auslösung gelangt. Keine der von GRASSI im Lebenszyklus von *Phylloxera* beobachteten Erscheinungen könnte, seiner Meinung nach, unter der Etikette der „Vererbung der erworbenen Eigenschaften" registriert werden.

Die Forschungen GRASSIS haben vielfache Berührungspunkte mit den älteren Untersuchungen NÜSSLINS und namentlich mit den neueren ausgedehnten, in Lothringen durchgeführten Studien CARL BÖRNERS. Die von BÖRNER behauptete Existenz zweier distinkter Spezies der Reblaus wird von GRASSI, nach seinen italienischen Erfahrungen, nicht anerkannt. — In Italien hatte GRASSI eine wahre Schule der *Phylloxera*-Studien begründet, welche, nachdem der Meister sich anderen Problemen zugewandt, selbständig weiter arbeitet und publiziert.

Den Pionier im Problem der Malariaübertragung ließ eine andere große Frage, welche der Menschheit Leiden verursacht — das **Problem des Kropfes** —, nicht ruhen. Im Zeitraum 1903—1905 unternimmt GRASSI mit MUNARON ausgedehnte Untersuchungen zur Ätiologie des Kropfes. GRASSI stellt sich die Frage: Ist der Kropf eine Infektionskrankheit oder nicht? Wo nicht, muß das Leiden durch ein Agens chemischer Natur ausgelöst wer-

[1]) Auf amerikanischen Reben.

den; ist aber der Kropf infektiv, so sollte, selbst ohne Kenntnis des spezifischen Mikroben, eine Übertragung vom Kranken auf den Gesunden (Tierexperiment) durch alle möglichen Mittel wie Wasser, Insektenstiche, Berührung usw. versucht werden. Als Methode der Untersuchung betont GRASSI die Notwendigkeit besonderer Vorsichtsmaßregeln: zu den Experimenten muß man ausschließlich Tiere (Hunde, Mäuse usw.) aus Gegenden verwenden, wo sicher der Kropf nicht endemisch ist, und weiter muß man an Orten ohne Kropf mit Wasser aus Kropfgegenden operieren und umgekehrt. Es wird hervorgehoben, daß frühere Autoren nicht immer diese Kautelen im Auge behalten haben. So werden denn auch die genannten Untersuchungen einerseits in Rom und Rovellasca (Como), als immunen Standorten, andererseits im Veltlin (Valtellina), als der klassischen Kropfgegend, durchgeführt, wobei u. a. nach Möglichkeit steril aufgezogene junge Hündchen Verwendung gefunden haben.

Die Beobachtungen und Experimente führten GRASSI zu der Schlußfolgerung, daß der Kropf und der endemische Kretinismus nicht durch Parasiten hervorgerufen wird und daß eine langsame Intoxikation, verursacht durch das äußere Milieu, angenommen werden muß. Die spezifische Ursache ist nach GRASSI nicht an das Trinkwasser gebunden. Vielmehr dürfte sie gesucht werden in dem relativen Gehalt an Jod im umgebenden Medium, und insbesondere im atmosphärischen Staub. Sehr verschiedene Umstände können der Entwicklung der Kropfkrankheit günstig sein, so z. B. schlechte Ernährung, das an organischen Bestandteilen reiche Wasser, schlechte, dürftige Wohnverhältnisse in der Feuchtigkeit, vielleicht auch übermäßige körperliche Anstrengung. (Vgl. GRASSI, Sulla etiologia del gozzismo. Roma 1914. Estratto da „Tumori", Anno IV.) Die vielumstrittene Kropffrage reicht wohl heute über die Grenzen der Forschertätigkeit eines Zoologen hinaus. Vor seinem Tode hatte GRASSI, dessen italienische Publikationen über den Kropf leider nicht die ihnen gebührende Berücksichtigung gefunden haben, doch noch von einiger Seite unumschränkte Anerkennung erhalten.

„I progressi della biologia e delle sue applicazioni pratiche" in der Gesamtausgabe: „Cinquanta anni di Storia Italiana (1860—1910)" ist ein **geschichtliches und kritisches Werk** GRASSIS aus dem Jahre 1911 (pag. 1—402 in 4°), das von einer neuen Seite den ungeheuren Fleiß sowie den Umfang der Kenntnisse des Verf., verbunden mit objektivem Sinn der Beurteilung, erscheinen läßt. Ein Riesengebiet wird hier von einem Einzelnen dargestellt, denn der Begriff „Biologie" wird im allerweitesten Sinne erfaßt: außer den streng biologischen Fächern werden Medizin, Veterinärkunde, sanitäre Rechtsgebung usw. in die Darstellung einbezogen. Über die Grenzen Italiens hinaus kann das Werk des großen Zoologen, der nun — im Auftrag der R. Accademia dei Lincei — zum Geschichtschreiber wird, mit viel Belehrung konsultiert werden. Außer der ausführlichen historisch-kritischen Schilderung der speziellen Gebiete liefert GRASSI auch allgemein gehaltene, synthetische Ausblicke. Er bewertet voller Zuversicht die intellektuellen Kräfte seines Landes; er appelliert an ergiebigere Unterstützung der geistigen Arbeiten durch den Staat: eher ein Defizit von mehreren Millionen, als ein Gleichgewicht des Budgets, falls die Ausgaben dazu Verwendung finden, neue Quellen des Reichtums besser auszunützen. Die Gesetzgeber sollten mit einem weiten Blick begabt sein, damit in wirtschaftlich-praktischen Fragen die Gesetze nicht nur auf den unmittelbar fühlbaren Nutzen eingestellt bleiben, vielmehr damit auch *die* Bestrebungen Unterstützung finden, welche erst in weiter Zukunft Früchte versprechen können. GRASSI ruft seine Landsleute an zur Eintracht in wissenschaftlichen Aufgaben und zur kollektiven Organisation. Die großen Fortschritte der heutigen Zeit sind selten ausschließliche Errungenschaft eines Einzigen. Viele Entdeckungen werden langsam und stufenweise durch bescheidene Arbeiten vorbereitet, und diesen gebührt die richtige Anerkennung in der Geschichte.

Der praktischen **Malariabekämpfung** war bereits im Hauptwerk von 1901 ein Kapitel gewidmet. Es bezog sich auf ein Experiment im großen Maßstabe, nämlich auf ein Verhüten der primären Malariainfektion bei 104 Personen in 10 Bahnwärterhäuschen in einer sehr schlimmen Malariagegend (die Ebene von Capaccio, Provinz Salerno) — nach vorausgegangener Chininasanierung — im Zeitraum von Ende Juni bis Mitte Oktober bei ausschließlicher Anwendung des mechanischen Schutzes, d. h. von feinen Drahtnetzen (reticelle) vor Fenstern und Türen. Die so gewonnene Verhütung von *Anopheles*stichen führte zum gänzlichen Ausbleiben primärer Infektionen. Nach vieljähriger Pause widmet GRASSI seit 1917 die letzten Jahre seines Lebens mit ungebrochener Intensität dem Kampfe gegen die Malaria. Abgesehen von der Melioration im großen („la grande bonifica"), welche dem Staate außerordentliche Lasten aufbürdet, faßt GRASSI nach 4 Richtungen die Prinzipien des Kampfes zusammen: 1. Sanierung des Kranken vom Januar bis Juni mit Chinin, damit keine Anopheliden im Frühjahr sich infizieren können (der Mensch ist in der interepidemischen Zeit das einzige Magazin der Malariaparasiten). 2. Mechanischer Schutz vor den Mücken mit Hilfe von Drahtnetzen an den Wohnungen. 3. Chininprophylaxis, welche etwaige neue Infektionen im Menschen hemmt. 4. Die sog. kleine Melioration („la piccola bonifica"), welche in Desanophelisation kleinerer Gewässer sowie in der Vertilgung der Alatae im Luftmedium (in geschlossenen Räumen) besteht[1]). Diese Grundsätze wurden in

[1]) Die unter 4. genannte Richtung wurde gleichzeitig von R. Ross und von FERMI anempfohlen.

methodischer Weise von GRASSI und M. SELLA während der Sanierungsperioden 1918, 1919 in Fiumicino unweit Roms, unter ständiger Führung von Krankenkontrolle, mit ausgezeichneten Erfolgen durchgeführt. Bei diesen Bestrebungen wurden, außer vielen sanierungstechnischen Resultaten, wertvolle biologische Beobachtungen ausgeführt. Es seien hier aus der überreichen Fülle nur folgende aufgezählt: Die Erklärung der Genese von Rückfällen nach langen Intervallen durch Parthenogenese von Makrogameten (GRASSI, SCHAUDINN) wird nun nach neuen Erfahrungen von GRASSI aufgegeben; die zur Vertilgung von Mückenlarven eingeführten Fische (*Cyprinodon calaritanus*) können, trotz einem gewissen Nutzen, kein durchaus zuverlässiges „antilarvales Polizeikorps" abgeben, dem Gebrauch von Petroleum wird das Primat zuerkannt; die Biologie der *Anopheles*larven, so ihre Abhängigkeit von der Vegetation, wird eingehend geprüft; die Lebensweise der Imagines wird genau untersucht, die Dauer des Lebens auf 18 Tage geschätzt, bei der Infektionskraft vom 12. Tage an, die Zahl der infizierenden *Anopheles* auf ca. 33% berechnet; sehr beschränkte Zahl der Anopheliden überwintert bei reduzierter Aktivität, geht aber im April zugrunde; es erscheint ausgeschlossen, daß überwinternde *Anopheles*mücken die Herbstparasiten für die neue Malariaperiode liefern, der Mensch allein trägt mit seinen Keimen zum Schließen des Zyklus im Frühjahr bei; im freien Zustand bildet das Blut die ausschließliche Nahrung der *Anopheles* ♀♀, die phytophagen Neigungen sind gänzlich unterdrückt. Besondere Aufmerksamkeit wird dem Problem „Anophelismus ohne Malaria" geschenkt. Anknüpfend an die Beobachtung von ROUBAUD, daß der Mensch in manchen Gegenden um so weniger von *Anopheles* gestochen wird, je zahlreicher die Haustiere sind, vertieft GRASSI mit großer Energie diese Frage in manchen Punkten Italiens unter aufopferungsvollen nächtlichen Experimenten an sich selbst[1]). Für bestimmte Gegenden (die Gärten von Schito bei Castellamare di Stabbia) hält GRASSI zum erstenmal den Beweis für erbracht, daß im Zusammenhang mit der seit 35 Jahren geführten Agglomeration großer Viehmengen (300—400 Stück), unter Obhut von sehr wenigen Menschen, eine biologische Anophelidenrasse entstanden war, welche den Menschen absolut nicht sticht; heute stechen dort die *Anopheles* vorwiegend die Schweine, außerdem andere Tiere. So würden nach GRASSI lokal misanthrope, zoophile Rassen entstehen, im Gegensatz zu den gefährlichen anthropophilen. SELLA rät ja direkt an, die menschlichen Niederlassungen von einem Gürtel von Schweineställen zu umgeben[2]).

[1]) Unterstützt von seinem geschulten Techniker FRANCESCO NERI.

[2]) Vgl. hierzu GRASSI e SELLA, Lotta antimalarica a Fiumicino, Roma 1920 (S. 1—314), GRASSI, Animali domestici e malaria, Roma 1922, usw.

Ein Naturforscher vom Range GRASSIS, welcher der Entwicklung der Biologie in ihren allgemeinen Problemen eifrig und ohne Unterlaß folgt, kann sich wohl nicht versagen, bei einer besonderen Gelegenheit sein **wissenschaftliches Credo** bekanntzugeben. Unter dem bescheidenen Titel: „La vita, ciò che sembra ad un biologo" (Das Leben, wie es dem Biologen zu sein scheint) hatte GRASSI eine Rede in der festlichen Sitzung der Accademia dei Lincei im Jahre 1906 gehalten, wo in knapper Form und in gewählter Sprache die Synthese seines Wissens und seiner Bestrebungen niedergelegt ist. Nicht möglich ist es hier, der Entwicklung des Gedankenganges in der Rede zu folgen. Doch sei wenigstens einiges unterstrichen, was ein großer Biologe in der Morgenröte des 20. Jahrhunderts, gestützt auf eine überreiche Erfahrung und intimsten Kontakt mit der lebenden Natur selbst, uns bekennt.

Bei allem Erfolg der direkten Beobachtung und des exakten Experiments, woran ja GRASSI selbst in hervorragender Art und Weise betätigt war, neigt er zum Vitalismus. Die konstanten Größen des Unbelebten finden sich auch im Belebten, während die Konstante des Lebendigen diesem allein eigen ist und mit ihm von Anfang an verbunden erscheint („Le costanti del non vivo si trovano anche nel vivo, mentre la costante del vivo è di questo esclusiva, in questo insita e connata"). Das Psychische kann nur vom Psychischen abstammen. Es ist ein leichteres, anzunehmen, daß der Tiber einmal an seinen Ufern Uhren, durch Zufall geformt, ablagern werde, als daß der Mensch imstande sein würde, künstlich ein Lebewesen zu erzeugen und damit das Psychische vom Physischen entstehen zu lassen. Ein Vergleich wird herangezogen, den Gedanken zu erläutern. Die elektrische Beleuchtung der Stadt wird durch Energie geleistet, welche ein besonderer Maschinenkomplex nutzbar macht. Obschon Energie und Rohmaterial immer zur Verfügung gestanden haben, würde die Stadt niemals spontan eine Beleuchtung erhalten, wenn nicht der Mensch durch den von ihm erfundenen Maschinenkomplex die Energie in geordnete Bahnen zum vorgenommenen Zweck geleitet hätte. Diese Gesetzmäßigkeit, diese Ordnung, vom Menschen dem Anorganischen aufgezwungen, charakterisiert das künstliche Licht und unterscheidet es vom natürlichen. Diese Ordnung ist eben keine Energie, denn Energie wird nicht im mindesten vernichtet, wenn wir Maschinenteile, Drähte, Lampen zertrümmern. Diese Art Ordnung und Gesetzmäßigkeit herrscht in der belebten Natur. Das Lebewesen wird charakterisiert durch eine unbekannte Größe, die Fähigkeit zu formen, was zweckmäßig gestaltet ist. „Jene Ordnung, welche in Wahrheit die ganze Welt auszeichnet, welche in den Lebewesen, je höher sie sind, desto mehr die Zweckgestalt gewinnt, sie wird dem Menschen offenbar. Nicht genug: der Mensch ist befähigt, auf Grund von prästabilierten Absichten zu handeln, mit dem

deutlichen Bewußtsein des Zweckes, im Besitz einer nicht zu bezweifelnden, wenn auch wohl bedingten Freiheit, deren Existenz er durch Verzichten auf dasjenige, was er am meisten begehrt, beweisen kann. So erscheinen der Sphinx, welche mit verbundenen Augen die Fackel führte, nach und nach die dunklen Binden lichter und lichter. Es dürfte unmöglich sein, anzunehmen, daß jenes wunderbare Aufstreben des Lebewesens nach dem Lichte des Dichters, daß jene subjektive Beurteilung unseres Handelns von uns erworben worden wäre, lediglich um besser im Kampf ums Dasein standzuhalten. Es scheint nicht vollkommen eine Erkenntnis zu sein, welche uns dazu führt, anzunehmen, daß Heldentaten sowohl wie gemeine Handlungen in letzter Instanz mit dem gleichen Maßstab gemessen werden könnten, wie etwa die Eigenschaften des Zuckers oder des Arseniks; es scheint nicht möglich, daß dasjenige, was im Menschen am edelsten ist, im Grunde einfache Luminiscenz der Menschensubstanz, von der gleichen Art wie jene des Phosphors, sein sollte."

Den **Forscher** in GRASSI zeichnete folgendes aus: ungeheure Arbeitskraft, die logische Schärfe des Gedankenschlusses, eine immer junge und ungesättigte Neugierde an den Erscheinungen der Natur. — Er sagt selbst von sich, daß er von dem Moment an, wo der Verstand angefangen hatte tätig zu sein, fortwährend arbeitete, ohne Unterlaß. In der Periode von fieberhaft geführten Malariauntersuchungen (Mitte Juli 1898 bis Ende 1900) war kein Tag dem Ausruhen gewidmet. Während der Ausführung seiner bahnbrechenden Arbeiten unterbricht GRASSI kein einziges Mal den Gang seiner Universitätsvorlesungen. Keiner der Jungen, die ihm folgten, konnte mit dem Meister den gleichen Schritt im Arbeiten einhalten. Zu jener Zeit der Malariastudien geschah es oftmals, daß der große Forscher in der frühesten Morgenstunde bescheiden auf den Stufen des Palazzo della Sapienza lange harrend saß, bis der würdige Portier das Portal zu öffnen geruhte. Diese phänomenale Arbeitskraft war nur möglich gepaart mit außerordentlicher Genügsamkeit; einer Mahlzeit etwa die normale Zeit zu widmen, war GRASSI unbekannt. Er vertrug ausgezeichnet sowohl Kälte wie Hitze. Eine „Stufetta" unter den Füßen, nachdem die Schuhe ausgezogen, so konnte GRASSI stundenlang in den kalten römischen Räumen mit Steinboden mikroskopieren. In der Gluthitze des Juli aus Sizilien in Staub und Schmutz, nach langer Reise, zurückgekehrt, stellt sich GRASSI voller Frische nach einer halben Stunde im Laboratorium ein, den Gang der Experimente seit seiner Abwesenheit in allen Einzelheiten nachzuprüfen. Bei alledem war er auf sein Äußeres sehr wenig bedacht, und so konnte es kommen, daß ein römischer Prinz in der Campagna den Wohltäter der Menschheit an der Gesindetafel speisen ließ.

Was GRASSI in seinem Leben geleistet, das war nicht etwa „auf der Straße gefunden": ein logisches Abwägen, eine induktive Arbeit ging der Ausführung voraus. So war es beim Herausfinden der Cestodenwirte, so auch — das sei besonders betont — in der Beschuldigung des *Anopheles* als Überträger. Nicht ein blindes Tasten, sondern methodisches, bewußtes Vorgehen. Daher, im Fall des *Anopheles*, der siegreiche Gang dieses Forschers in der kurzen Zeitspanne von wenigen Monaten. GRASSI folgte mit der Gehirnarbeit den verworrenen Pfaden des Geschehens im Belebten nach: er war hierin ein voller Zoolog, mit Hilfsmitteln der Systematik, der Ökologie, der Geographie ausgerüstet; daher konnte selbst ein hervorragender Mikrobiologe mit ihm in der Lösung des Rätsels es nicht aufnehmen. Dazu besaß aber GRASSI auch beinahe einen Instinkt, das Verborgene und Unbekannte herauszufinden. Merkwürdig, wie sich diese Gabe nicht selten offenbarte, als es sich darum handelte, ein gänzlich an falschen Platz geratenes Buch in der reichen Institutsbibliothek zu finden: im Nu war der Meister mit dem richtigen Handgriff da!

Und nun die frische Neugierde am Naturphänomen, „quell' incessante curiosità dello spirito"[1]) und die jugendliche Beweglichkeit des Geistes! Bei allem immensen Reichtum an Kenntnissen und im Besitz von gefestigten, mühsam erworbenen, bei manchem als Last wirkenden Erfahrungen sich eine frische, unvoreingenommene Naivität der Natur gegenüber zu wahren — ist eine seltene, köstliche Gabe: sie war GRASSI uneingeschränkt zuteil. Kein Schimmer einer autoritativen Pose, jeder Erscheinung wie neu ins Gesicht schauend, stets bereit, über einem Gegenstand zusammenzuducken und mit dem Fleiß eines Anfängers ihn zu untersuchen — das war das Bild GRASSIS, welches Bewunderung einflößte. „L'osservazione è la madre di tante scoperte e il saper osservare non è meno importante del saper ragionare", sind seine eigenen Worte. — Richtig schreibt sein Schüler M. SELLA: „Egli fu l'idealista della scienza. Il suo ardore, anzi furore di lavoro, l'eccessività verso se stesso e gli altri, il coraggio dimostrato nel sottoporre se stesso a pericolosi esperimenti d'infezione, la sua rinuncia a tutto, salvo che alla indagine e allo studio, sono alimentati da questa sacra fiamma. Bisogna salire molto in alto per portarsi al piano della sua anima."

Und doch, hatte nicht vielleicht der Forscher in GRASSI, in seiner an das Geniale grenzenden Kapazität, den Menschen etwa in den Schatten gestellt? Eine schwierige Frage. Es scheint, daß der Einblick in so viele harmonische Strukturen in der Organisation des Animalischen dem Entdecker selbst nicht wieder Harmonisches einflößte. Nur mit wenigen Menschen seiner Berührungssphäre konnte GRASSI auf die Dauer gut auskommen. Doch läßt sich das aus zwei positiven, ja den Durchschnitt eben weit überragenden Faktoren

[1]) Nach einem Ausdruck von Prof. CASAGRANDI, l. c. S. 26.

ableiten: erstens achtete er keinen Schein, keine konventionelle Kategorie, zweitens stellte er derart hohe Ansprüche an sich selbst, daß alles andere um ihn unzulänglich erscheinen mußte. Zum erstgenannten möge seine Offenheit im Urteil gerechnet werden; er klassifizierte die Männer der Wissenschaft in drei Kategorien: diejenigen, die ernstlich arbeiten, diejenigen, die den Schein erwecken, als wenn sie arbeiteten, und diejenigen, die offensichtlich nichts tun! Daß er sich hinterher leicht das Odium zuzog, ist menschlich begreiflich. Überdies konnte er auch ungerecht sein. Der zweitgenannte Faktor braucht wenig Erklärung: die Arbeitskraft und Ausdauer eines jeden erlahmte neben der seinigen; von 4 Uhr morgens bis 8 Uhr abends — das war seine Arbeitszeit! Seine Familie sah ihn tagaus tagein nur für wenige Augenblicke; Theater langweilte ihn; in Gesellschaft konnte er abends unschuldig einschlafen. Am meisten zerstreute es ihn, mit einem Freund aus der Lombardei, in den Straßen schlendernd, im Dialetto comasco eine Weile zu plaudern. Seinem Geburtsort Rovellasca war er treu ergeben. In guter Laune zitierte er gern gelegentlich etwas aus DANTE. Mit großer Bewunderung hing er an GEGENBAUR, HAECKEL, SCHAUDINN; eng befreundet war er mit GOLGI; gute Kameradschaft verband ihn mit LO BIANCO[1]).

Eine Kampfnatur ist GRASSI entschieden gewesen, bescheiden kann man ihn, trotz dem äußeren Schein, sicher nicht nennen[2]). Es war erstaunlich, wie viele Strapazen und Aufregungen GRASSI über sich ohne Schaden ergehen ließ. Zur Zeit der Malariaarbeit reiste er in ganz Italien III. Klasse und viel zu Fuß, des körperlichen Wohls ganz unbedacht. Er muß eine außerordentlich starke Gesundheit gehabt haben, trotz seinem eher zarten Bau; in der kleinen Hand und zarten Fingern, in dem feinen Schnitt des Mundes und der Nase äußerte sich wohl die Befähigung zum minutiösen Erfassen der Dinge und zur Präzision.

Seinen Schülern hatte er besonders angetragen, niemals etwas Unfertiges und Voreiliges zu publizieren; alles muß sich auf Wahres gründen. Auch empfahl er ihnen sehr, nicht das Zutrauen zur eigenen Arbeit zu verlieren, ohne Rücksicht, ob von außen eine Anerkennung kommt oder nicht. Im medizinischen Unterricht hielt er sehr viel darauf, die volle Vorlesung über vergleichende Anatomie als obligatorisches Fach beizubehalten; in der Schwächung der granitischen Grundlagen des Medizinstudiums (Ausschließen der vergleichenden Anatomie) sah er die beginnende Dekadenz. Er ist in einem ausgezeichneten Aufsatz, als wahrer Morphologe, für diese Sache warm eingetreten (Riv. di biol. **2**, 1919).

In die Gesamtleistung GRASSIS — eines SPALLANZANI der neuesten Zeit — sich zu vertiefen, ist erhebend. Die junge Generation mag sich merken, daß das Lebenswerk GRASSIS nicht in einer genialen Geste bestand: es war erarbeitet im Schweiße des Angesichts. In MANTEGAZZA findet sich dazu ein schönes Wort: „L'ingegno umano suol compiacersi troppo spesso di credere le grandi scoperte nate di getto, di credere i grandi sistemi e le vaste dottrine uscite dal nulla, come voce creatrice di un Dio. Mentre invece gli organismi tutti della natura e delle scienze nascono da piccolissimi germi; ma si nutriscono e crescono, ma combattono e vincono, ma assimilano e distruggono prima di crescere alla smisurata altezza e potenza che poi ci sorprende e ci atterra."

GRASSI war eben eine „smisurata altezza e potenza che ci sorprende e ci atterra".

Er wollte nicht auf einem Friedhof der Großstadt begraben sein. In der armseligen Niederlassung Fiumicino, an einer der Tibermündungen, unter den vergessenen Gräbern der einfachen Contadini, die am Stich der tückischen Mücke starben, ruht er, der Unermüdliche, der das Übel erkannt hatte, angesichts der Bläue des Mar Tirreno, in der melancholischen Stille der Campagna Romana. Weitab vom Lärm des Vergänglichen schallt ihm der Preis entgegen: „ . . . Laudem meruit aeternam."

[1]) Seit seiner Heidelberger Zeit hatte GRASSI in Frau MARIA geb. KOENEN eine liebevolle Gattin für seinen ganzen Lebensweg gefunden.

[2]) Nicht zu verhehlen ist es, daß in GRASSIS Natur der unbeugsame Wille eines Starken mit der sich nicht fügenden Umgebung oftmals in Kollision geraten mußte.

Die Deutsche Nomenklatur-Kommission.

Von R. J. MEYER, Berlin.

Die chemische Nomenklatur ist eine Kunstsprache, die, ähnlich wie die natürlichen Sprachen, eine Entwicklung durchgemacht hat, mit dem Unterschiede, daß ihre Wandlungen sich entsprechend den stetig wachsenden Bedürfnissen der fortschreitenden Wissenschaft in viel schnellerem Zeitmaße vollzogen haben. Die Notwendigkeit, Wortbilder zur Kennzeichnung der Zusammensetzung der Stoffarten zu schaffen, ergab sich schon in den ersten Anfängen wissenschaftlicher Betätigung. Viel später natürlich zeigte sich das Bedürfnis nach kürzeren Symbolen (Formeln), die den Bau der Molekeln nach der qualitativen und der quantitativen Seite widerspiegeln. Die höchste Verfeinerung hat diese chemische Sprache heute auf dem Gebiete der organischen Chemie erreicht, wo sich eine kunstvolle Grammatik herausgebildet hat, deren Formenlehre jeder Feinheit der Struktur der Molekel zu folgen bemüht ist. Der Ursprung der modernen chemischen Nomenklatur geht auf die Festsetzungen einer Kommission zurück, die im Jahre 1787 unter dem Vorsitze des berühmten LAVOISIER, des Begründers der wägenden und messenden Chemie, in Paris tagte[1]). Damals wurden die all-

[1]) Die Mitglieder dieser Kommission waren: ANTOINE LAURENT LAVOISIER, CLAUDE LOUIS BERTHOLLET, ANTOINE FRANÇOIS DE FOURCROY und LOUIS BERNARD GUYTON DE MORVEAU.

gemeinsten Grundsätze aufgestellt, nach denen die Chemie, insbesondere die anorganische, noch heute ihre Namen bildet. In dem Maße aber, in dem die Wissenschaft im 19. Jahrhundert sich erweiterte, neue Stoffklassen in ungeahnter Fülle kennen lehrte und ihre Konstitution klarlegte, musste auch die Namengebung sich entsprechend erweitern. Dieser Prozeß vollzog sich unter dem Einflusse der vielen einzelnen Forscher aller Länder, die zur Mehrung des Besitzstandes der Wissenschaft beigetragen haben, und es ist als ein gutes Zeichen der unserer chemischen Sprache innewohnenden Logik anzusehen, daß das Zusammenwirken so vieler Köpfe immerhin zu einem im internationalen Verkehr brauchbaren Verständigungsmittel geführt hat. Andererseits konnte es bei der vielfach verwickelten Natur der zu lösenden Aufgaben nicht ausbleiben, daß sich teils fehlerhafte, teils unzweckmäßige Gebräuche einschlichen, daß sich ferner für ein und dieselbe Verbindungsklasse verschiedene, mehr oder weniger rationelle Namen einbürgerten, und daß besonders auf dem Gebiete der organischen Chemie, wo der Aufbau von etwa 200 000 bisher bekannten Verbindungen sich im wesentlichen nur aus den 4 Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff vollzieht, die Schwierigkeiten einer rationellen Namengebung sich immer mehr häuften, so daß schließlich das Bedürfnis nach einer einheitlichen Regelung solcher Fragen ein dringendes wurde. Dieser Umstand führte im Jahre 1892 zu dem Vorschlage einer „offiziellen Nomenklatur" der organischen Verbindungen durch einen internationalen Kongress, der in Genf tagte. Aber die allgemeine Annahme der damals aufgestellten Grundsätze, die sich übrigens nur auf ein Teilgebiet bezogen, hat es nicht verhindern können, daß die weitere rapide Entwicklung des organischen Chemie wiederum über die Genfer Beschlüsse hinauswuchs. Eine internationale Regelung der Nomenklaturfragen wurde dann kurz vor dem Weltkriege durch die „Vereinigung der chemischen Gesellschaften" wieder aufgenommen, blieb aber infolge der politischen Ereignisse in den Anfängen stecken. So kam es, daß die Deutsche Chemische Gesellschaft nach dem Kriege die Begründung einer Deutschen Nomenklatur-Kommission anregte, die sich im Jahre 1924 konstituierte mit der Aufgabe, strittige Fragen der Namengebung zunächst vom deutschen Standpunkte aus zu beraten und eine spätere internationale Zusammenarbeit vorzubereiten. Diese Kommission, an deren Spitze als Präsident R. WILLSTÄTTER, München, steht, zerfällt in eine organische und in eine anorganische Abteilung[1]). Während die Arbeiten der organischen noch im Gange sind, hat die anorganische nach zweijähriger Tätigkeit ihre Beratungen abgeschlossen und wird von ihnen in einem eingehend motivierten Bericht demnächst Kenntnis geben. Es kann deshalb hier von der Erörterung von Einzelheiten des Programms und der getroffenen Entscheidungen abgesehen werden; dagegen wird ein kurzer Hinblick auf einige ganz allgemeine Grundsätze vielleicht nicht ohne Interesse sein:

1. Von frühester Zeit her haben sich eine große Anzahl von Trivialnamen und populären Bezeichnungen erhalten, die auch heute durchaus üblich sind und sich insbesondere in der hüttenmännischen, technischen und pharmazeutischen Praxis, aber teilweise auch im wissenschaftlichen Sprachgebrauch eingelebt haben. Es wäre verfehlt und ein erfolgloses Bemühen, diese ausmerzen zu wollen.

Hierfür einige Beispiele:

Populäre Namen.	*Rationelle Namen.*
1. Chlorkalium	Kaliumchlorid
2. Borax	Natriumtetraborat
3. Gelbes Blutlaugensalz	Kalium-Eisen(II)-cyanid oder Kalium-hexacyano-Eisen(II) oder Kalium-hexacyano-ferriat
4. Eisenvitriol, schwefelsaures Eisen	Eisen(II)-sulfat
5. Tonerde	Aluminiumoxyd
6. Alaun	Kalium-Aluminiumsulfat

usw.

Solche durchaus eingebürgerten populären Namen können, ohne Schaden anzurichten, weiter Geltung haben, und die Aufgabe der Nomenklatur-Kommission kann in der Hauptsache nur darin bestehen, die *rationellen* Namen, die *für den wissenschaftlichen Gebrauch* bestimmt sind, kritisch zu prüfen und zwischen ihnen eine Entscheidung zu treffen.

2. Die Nomenklatur muß in der Anwendung auf Verbindungen höherer Ordnung (Doppelsalze, Komplexsalze) eine gewisse Beweglichkeit haben, d. h. es müssen verschiedene Möglichkeiten für die Benennung gegeben sein, weil der Benutzer in der Lage sein muß, je nach seinen Absichten im gegebenen Falle einen mehr oder weniger konstitutiv entwickelten Namen zu verwenden (s. oben Beispiel 3).

3. In der anorganischen Chemie bildet die *Formel* stets den eindeutigen und meist wohl auch den kürzesten Ausdruck für die Zusammensetzung einer Verbindung. Man soll sie also in erster Linie zu ihrer Kennzeichnung benutzen und den Namen nicht unnötig mit Details belasten, die ein Blick auf die Formel ohne weiteres kenntlich macht, falls man nicht besondere Absichten damit verbindet. Es genügt also z. B. die vielen, zum Teil sehr kompliziert zusammengesetzten Silicate im Namen einfach nach der Zahl der in der Molekel enthaltenen Si-Atome als Di-, Tri-, Tetrasilicate usw. zu unterscheiden, und die nähere Kennzeichnung der stöchiometrischen Verhältnisse im einzelnen der Formel zu überlassen.

4. Von den speziellen Entscheidungen der Kommission sei hier nur eine angeführt, die schon früher von A. STOCK befürwortet wurde und zum Teil auch schon in Lehrbüchern Eingang gefunden hat. Sie betrifft die *Bezeichnung der Wertigkeitszahl durch römische Ziffern.* Die Kommission empfiehlt also, von Valenzbezeichnungen wie Oxydul, Chlorür, Ferro- und Ferri- usw. abzusehen. Beispiele: Kupfer(I)-chlorid = $CuCl$, Kupfer (II)-chlorid = $CuCl_2$; Eisen(II)-oxyd = FeO, Eisen (III)-oxyd = Fe_2O_3; Zinn(II)-chlorid = $SnCl_2$, Zinn (IV)-chlorid = $SnCl_4$. Auf diese Weise erzielt man eine durchaus einheitliche Valenzbezeichnung. Zum Unterschiede hiervon werden die stöchiometrischen Zahlen da, wo sie im Namen auftreten sollen, durch griechische Zahlworte wiedergegeben. Man kann also MnO_2 entweder *Mangan(IV)-oxyd*, wenn man die Wertigkeitszahl, oder *Mangandioxyd* nennen, wenn man das stöchiometrische Verhältnis zum Ausdruck bringen will. Die konsequente Durchführung dieses Grundsatzes wird vielleicht nicht leicht zu erreichen sein, weil er lang geübten Gewohnheiten widerspricht und

[1]) Der *organischen* Abteilung gehören an: R. STELZNER, Berlin, B. PRAGER, Berlin, H. WIELAND, München, H. WOHL, Danzig, E. SPÄTH, Wien, der *anorganischen:* R. J. MEYER, Berlin, A. ROSENHEIM, Berlin, A. STOCK, Berlin, R. LORENZ, Frankfurt a. M., P. PFEIFFER, Bonn a. Rh., St. MEYER, Wien.

die vis inertiae erfahrungsgemäß in solchen Fällen nur schwer überwunden wird; man würde aber durch eine allgemeine Annahme dieses Prinzipes tatsächlich zu der sehr wünschenswerten *einheitlichen* und *unzweideutigen* Bezeichnung der Valenz gelangen.

Die anorganische Abteilung der Deutschen Nomenklatur-Kommission hat eine vorläufige Mitteilung über ihre Arbeiten in der Zeitschr. f. angew. Chem. 1925, S. 713 ff. erscheinen lassen. Auf Grund dieses Vorberichtes hat Herr A. Stock einen Vortrag auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Nürnberg gehalten, der eine lebhafte Debatte auslöste. Sie gab Gelegenheit, gewisse Mißverständnisse, die sich über die Absichten der Kommission gebildet hatten, aufzuklären. Im großen und ganzen aber ergab sie Übereinstimmung über die wesentlichen zur Diskussion stehenden Fragen. Der in Heft 5 dieses Jahrganges der Naturwissenschaften enthaltene Bericht über die Hauptversammlung in Nürnberg wird dieser Sachlage insofern nicht gerecht (S. 87 oben), als er von „Abänderungen des Stockschen Systems" spricht, die „nach Auffassung vieler Fachgenossen keine Verbesserungen bedeuten". Hierunter kann nur die Valenzbezeichnung nach Stock verstanden werden, deren „Abänderung" überhaupt nicht in Frage stand. Vielmehr handelte es sich um eine allgemeine Einführung und Bestätigung dieser oben besprochenen Neuerung, die mit überwiegender Mehrheit gutgeheißen wurde.

Besprechungen.

Goethes naturwissenschaftliche Schriften. Leipzig: Inselverlag 1925. Bd. I: 885 S., Bd. II: 698 S.

Bei dem seit geraumer Zeit wieder stetig zunehmenden Interesse, das den naturwissenschaftlichen Arbeiten des großen Dichters entgegengebracht wird, darf man es als dankenswert begrüßen, daß der Inselverlag diesen Teil der Goetheschen Werke in besonderer Ausgabe zugänglich gemacht hat. Sie bezeichnet sich als eine Auswahl. Über die Grundsätze, nach denen diese getroffen und angeordnet ist, gibt das am Ende des zweiten Bandes (S. 687) hinzugefügte Nachwort des Herausgebers, Günther Ipsen, Auskunft. Sie strebt „wenigstens in einer Richtung Vollständigkeit an; nämlich alle die Ausführungen zu bringen, die Goethe eigentümlich sind und die Art seiner Wissenschaft deutlich zeigen" (S. 687). „Den Kern der Ausgabe bilden demnach die großen Arbeiten über Metamorphose und Physiologie der Pflanzen, die vergleichende Anatomie und die Abhandlung über den Zwischenkieferknochen, die Ausführungen über Granit und Erdbildung und der didaktische Teil der Farbenlehre; daran schließen sich jeweils weitere Aufsätze und Bruchstücke an; die Beiträge zur allgemeinen Natur- und Wissenschaftslehre sind als eigene Abteilung vorangestellt." Dagegen „durfte zurücktreten alles, was nur die Lebensgeschichte und die Zeitgeschichte angeht". . . „Von alledem genügte eine Auswahl, die das Wichtigste und Bezeichnendste bringt," so z. B. die „Geschichte des botanischen Studiums" und die „Konfession des Verfassers" (der Farbenlehre) u. a. Um jedoch von Goethes Naturanschauungen und von seinen einschlägigen Arbeiten ein vollständiges Bild zu geben, erschien es notwendig, zahlreiche vereinzelte und zerstreute Stellen wiederzugeben, auch aus den im ganzen nicht aufzunehmenden Werken einzelne Teile zu berücksichtigen. Der Herausgeber hat all dies nach seinem Ermessen ausgewählt, in der Weise geordnet, wie es ihm im Hinblick auf den inneren Zusammenhang zweckmäßig erschien, und unter der Bezeichnung *„Aphorismen"* den einzelnen Abschnitten angereiht (I, S. 83—170, 631—650, 857—872; II, S. 645—684). Obwohl dies Verfahren naturgemäß von mancher Willkürlichkeit nicht frei ist, darf es doch m. E. als verdienstlich anerkannt werden. Jedenfalls ist es dem Herausgeber gelungen, etwas zustande zu bringen, was eine systematisch geordnete Gesamtdarstellung von Goethes Naturlehre, die ja nicht existiert, zu ersetzen vermag, soweit das eben möglich ist.

Gleich zu Anfang seines Nachwortes betont der Herausgeber, daß er die naturwissenschaftlichen Arbeiten Goethes als Werke betrachtet, die „ebensogut wie Goethes Dichtungen beanspruchen dürfen, abgelöst von ihrer Entstehung sachlich und zeitlos wirksam gewertet zu werden". Trotzdem wird es, wie überall bei der Neuedierung älterer Werke, als Aufgabe des Herausgebers erscheinen, den Leser, wenn auch nur in Kürze über die Beziehung der älteren Arbeiten zu den gegenwärtigen Bestrebungen und Anschauungen in der betr. Wissenschaft zu unterrichten. Dies hat auch Ipsen getan. Er spricht demgemäß davon, „daß in unserer Zeit des Überganges der Geist sich anschickt, eine neue Wendung zu nehmen". Nach einer allgemeinen Kennzeichnung dieser Wendung fährt er fort: „In alledem begegnet sich das neue Streben mit Goethes Wissenschaft . . . Die Wege, die Goethe einschlug, bahnen uns den Weg ins Neuland." Es darf gerade an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, daß diese Darstellung Ipsens zwar in manchen Beziehungen freudige Zustimmung, in vielen Hinsichten aber auch lebhaften Widerspruch finden dürfte. In der Lehre von der *belebten Natur* zwar begegnen sich Begriffe, die jetzt im Mittelpunkt des Interesses stehen, wie Abstammungslehre, Homologie der Teile, Typus, Vitalismus u. a. mit Goetheschen Gedanken, so daß moderne Bestrebungen als Weiterentwicklungen der von ihm gemachten Entdeckungen, als Fortarbeiten im Sinne der von ihm ausgegangenen Anregungen betrachtet werden können. Ganz anders in der Lehre von der *unbelebten Natur*. Speziell die Optik hat im 19. Jahrhundert, nach verfeinerten, aber nicht grundsätzlich geänderten Methoden weiterarbeitend, uns eine unübersehbare Fülle neuer Tatsachen erschlossen und im Anschluß an die Wellentheorie des Lichtes befriedigend verständlich gemacht. Sie hat also ihre bewunderungswürdigen theoretischen und praktischen Erfolge auf dem alten, von Goethe abgelehnten Wege errungen. — Dagegen hat die Goethesche Farbenlehre niemals Fuß fassen können, schon weil sie ganzen Gebieten von Tatsachen ratlos gegenüberstand und für ihre Deutung gar keine Handhabe bot (Abhängigkeit der gesehenen Farben von Oberflächenbeschaffenheit und Beleuchtung, die gesamten Interferenzerscheinungen, die Abhängigkeit der Strahlung von der Temperatur usw.). Überdies konnte nicht übersehen werden, daß Goethes Polemik gegen Newton zum Teil auf einer handgreiflichen mathematischen Täuschung beruhte. — Daß in jüngster Zeit die Physik eine bedeutungsvolle neue Wendung erkennen läßt, ist allerdings wohl richtig. Aber diese besteht in der erweiterten Anwendung der Mathematik, insbesondere dem Übergang zu abstrakt-mathematischer Betrachtung, auf dem z. B. das Relativitätsprinzip fußt, und steht gewiß Goetheschem Geist so fern wie nur irgend denkbar.

All dies mag ja nun Ipsen vielleicht als gänzlich verkehrt und unsinnig ablehnen. Allein er erblickt ja selbst das erste Merkmal seiner „neuen Wendung"

darin, daß „die Wissenschaft ihr philosophisches Ingrediens nicht mehr als schändlichen Rückstand ansieht, der je eher je besser auszumerzen sei", sondern als wertvoll, ja unentbehrlich gelten läßt. *Diese* Neuorientierung läuft nun aber, das sollte man doch nicht vergessen, der Gedankenrichtung GOETHES schnurstracks zuwider. War doch für ihn das unbefangene Vertrauen in die unmittelbaren Bekundungen unserer Sinneswerkzeuge das A und O alles Naturerkennens, während er die Einmischung philosophischer Betrachtung als unfruchtbar und verkehrt ablehnte und scherzend rühmte: „Ich habe nie über das Denken gedacht." Wir verdanken *diese* Wendung, die zudem nicht der Gegenwart angehört, sondern mindestens seit dem letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts zu datieren ist, auch nicht einem Zurückgreifen auf GOETHEsche Gedankengänge oder einer Anlehnung an solche. Wir verdanken sie vielmehr zum Teil dem in damaliger Zeit starken Einfluß der Neukantianer, vor allem aber dem Umstande, das ein Teil der bedeutenden Physiker den GOETHE fehlenden Sinn für philosophische Betrachtung in bedeutendem Maße besaß, und daß so in ihren Händen die Physik durch ihre naturgemäße Entwicklung von selbst, aus sich heraus, zum engen Anschluß an die Philosophie drängte.

Die naturwissenschaftlichen Schriften GOETHES sollten m. E. einem großen Leserkreis nicht vorgelegt werden, ohne daß wenigstens in Kürze darauf hingewiesen wird, daß die Naturwissenschaft nicht in *jeder* Hinsicht den von GOETHE vorgezeichneten Richtlinien folgen kann, daß wir vielfach andere Wege eingeschlagen haben und einschlagen müssen. Wenn IPSEN keinerlei Andeutung dieser Art gibt, wenn er den alten Geist, von dem wir durch den Anschluß an GOETHE erlöst worden sind oder erlöst werden sollen, als einen kennzeichnet, in dem „Unruhe, Langeweile, Verzagen und ein böses Gewissen einreißen", so drängt sich wohl die Frage auf, ob er mit den Naturwissenschaften genugsam vertraut ist, um zu einem so weittragenden Urteil berechtigt zu sein. J. v. KRIES, Freiburg i. Br.

SELZ, OTTO, **Kants Stellung in der Geistesgeschichte.** Akademische Rede, gehalten bei der Jahresfeier der Handelshochschule Mannheim am 4. Juli 1924. Mannheim, Berlin, Leipzig: J. Bensheimer 1924. 16 S. Preis 0,50 Goldmark.

Diese kleine Schrift versucht, unter nachträglichem Hinweis auf das vorvorjährige KANT-Jubiläum (200. Geburtstag am 22. April 1924) in engstem Rahmen die geistesgeschichtliche Bedeutung KANTS darzulegen. Sie beschränkt sich dabei freilich ganz auf die Erkenntnislehre, auf den KANT der Kritik der reinen Vernunft, ohne irgend welche Berücksichtigung des übrigen so weitumfassenden Geisteswerkes KANTS, seiner Ethik, Ästhetik usw. Darin liegt auf alle Fälle eine Einseitigkeit, die im Widerspruch steht mit dem allgemein gehaltenen Titel. Die erkenntniskritische Stellung KANTS legt der Verfasser dabei fast ausschließlich unter Hinweis auf die Ergebnisse und Grundauffassungen der modernen Naturwissenschaft dar. Nur im Gegensatz hierzu spricht er dann auch von der neueren Metaphysik oder allgemeiner der neueren Philosophie, die ihm fast identisch scheint mit der der Durchdringung des Geisteslebens oder vor allem der Geschichte. Denn auch der Verfasser und das ist besonders bemerkenswert auch in diesem Falle, bei dem allgemeinen Rückblick auf KANT, zeigt sich ganz erfüllt von dem unsere Zeit so stark bewegenden Dualismus: Naturwissenschaft und Geschichtswissenschaft, Gesetzeserkenntnis und individualisierendes Erleben, Mechanismus und Teleologie, Positivismus und Metaphysik usw. So schroff ist ihm dieser Dualismus, daß er meint, die heutigen philosophisch geschulten Naturforscher seien meistens Positivisten, die Vertreter der Geisteswissenschaften dagegen und der geisteswissenschaftlich orientierten Philosophie seien bewußt oder unbewußt zumeist Anhänger der neuen Metaphysik, „die oft auch nur unter dem Namen einer Erkenntnistheorie auftritt." Auch der Verfasser hofft freilich auf einen Brückenschlag zur Überwindung dieses schroffen Dualismus und weist dabei besonders auf die Ergebnisse der neuesten Psychologie hin. Diesen Hinweis kann man nur mit starkem Vorbehalt anerkennen. Bestehen bleibt vorläufig nur der Dualismus selbst und die daraus sich ergebende vielseitige Problematik, wie sie auch in der vorliegenden Schrift zutage tritt.

M. KRONENBERG, Berlin.

RIEZLER, KURT, **Über das Wunder gültiger Naturgesetze.** Eine naturphilosophische Studie. (Sonderdruck aus Dioskuren, Bd. II.) München: Meyer und Jessen 1923.

Diese Schrift ist nicht, wie es nach dem Titel zunächst leicht vermutet werden könnte, ein Panegyrikus auf die Naturgesetzlichkeit, sondern sie beschäftigt sich analytisch und teilweise auch kritisch mit deren Problematik, und zwar ebenso mit der inneren Problematik als auch mit all den Zweifelsfragen, die sich an den Grenzlinien nach der Seite der Geisteswissenschaften, wie vor allem der Erkenntnistheorie und Metaphysik, der Philosophie überhaupt, ergeben. Der Verfasser sagt darüber am Eingange seiner Schrift: „Die neuesten Entdeckungen der Naturwissenschaft, und zwar nicht nur die Zurückverschiebung der Invarianten der Naturordnung durch die allgemeine Relativitätslehre, sondern auch das halbentschleierte Wunder des Atombaues, die überraschenden Erfolge der Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf das Naturgeschehen, haben eine Reihe von Naturforschern veranlaßt, die Hoffnung auszusprechen oder wenigstens anzudeuten, daß an Hand dieser und vielleicht noch zu machender Entdeckungen Begriff und Bereich der Gültigkeit empirischer Naturgesetze in einer Weise umgestaltet werde, die es gestatten würde, die Brücke von dem Geschehen der Natur zu dem Geschehen der Geschichte zu erspähen und so die Kluft zu schließen, die Notwendigkeit und Freiheit zu trennen scheint." In der Hauptsache also handelt es sich hier um ein philosophisches Problem. Die allgemeine Frage ist: Können aus der auf jeden Fall zuzugestehenden Gültigkeit empirischer Naturgesetze weitgehende Folgerungen auf die Totalität des Weltbegriffes gezogen werden, und insbesondere kann auf diesem Wege jene Brücke zu der Welt der Freiheit und des Geistes gesucht und gefunden werden, die manche Naturforscher dieser Art zu erspähen glauben?

Nun ist die erste Frage, die die Philosophie hier zu stellen hat, „die nach dem Ursprung und Recht jenes Anspruchs auf absolute Geltung, den die Naturwissenschaft für die von ihr entdeckten empirischen Gesetze erhebt. Die Philosophie erkennt das Faktum solcher Gesetze an und ist bereit, es als ein Wunder anzusprechen, dessen Möglichkeit der Erklärung bedarf. Aber sie muß sich dagegen wehren, daß aus Bestand und Inhalt dieses Wunders auf ein absolutes Sosein bestimmter Art geschlossen werde, ehe dieses Wunder selbst kritisch geprüft und von allem nicht Wunderbaren gereinigt ist."

In diesem Sinne also versucht der Verfasser durch kritische Prüfung Geltungsbereich und Begrenzung, innere wie äußere, der Naturgesetzlichkeit an der Hand wichtigster Beispiele, so der hauptsächlichen mathe-

matischen Normen, der Proportionalität von Ursache und Wirkung, des Energiegesetzes, des Hamilton'schen Aktionsprinzips usw. näher zu bestimmen, wie er denn auch dabei der Relativitätstheorie besondere Aufmerksamkeit widmet. In der Hauptsache handelt es sich bei dieser Prüfung um den alten Widerstreit von Erfahrung und Idee. Der Verfasser weiß nach beiden Seiten hin in sachkundigen und scharfsinnigen Deduktionen die notwendigen Grenzlinien zu ziehen. Und es erscheint ihm durchaus als eine vorläufig unausweichliche Forderung, diese sachlich begründeten Grenzlinien nicht zu verwischen, sondern festzuhalten. Er geht dabei so weit, selbst gegen KANT einmal zu bemerken: „Vor dem kosmischen Bilde der neueren Naturwissenschaft ist die Harmonie der Sphären nur ein erhabener Traum. Alle Ordnung ist hergestellt, nicht gegeben. Sie stammt nicht aus einem Ganzen der Sternenwelt, sondern ist der ewigen Verwirrung im einzelnen abgerungen. Gegen KANTS Gewißheit der Übereinstimmung einer wunderbaren Ordnung des Sternenhimmels mit dem moralischen Gesetze könnte heute bemerkt werden, daß das Übereinstimmende nur die Unordnung des Himmels und die Verwirrung der moralischen Welt sei."

So weit nun aber dennoch dem natürlichen Verlangen und Streben denkender Betrachtung, alles Wirkliche, also auch die getrennten Sphären von Natur und Geschichte, einheitlich zu verknüpfen, stattgegeben werden soll, erscheint dem Verfasser auch nach der Seite der Idee hin das Feld weit geöffnet. Und so meint er dann schließlich: „Wenn wir von dem Element der Geschichte, dem Menschen, so wenig wüßten als von dem durch unsere heutige Kenntnis doch nur obenhin charakterisierten Uranatom, wir würden in dem Menschen wohl kaum die Einzigkeit einer Gestalt vermuten dürfen, es gäbe nichts, das, als Darstellung des Unwiederholbaren, Geschichte heißen könnte. Wie, wenn wir nun umgekehrt uns vorstellen, wir wüßten von dem Mikrokosmus, in dem die Naturbetrachtung endet, so viel wie von dem Menschen, könnte da nicht jedes dieser Elemente sich als einzige unwiederholbare Gestalt enthüllen und sich etwa zeigen, daß die Naturwissenschaft für ihre Zwecke diese Einzigkeit dank der großen Zahl und dem Ausgleich der Verschiedenheiten im Mittel vernachlässigen darf, um sich nur den Gemeinsamkeiten zuzuwenden, die für diese supponierten Elemente ebenso konstant sein können, als die ewig selbigen Triebe, die das Handeln der Menschen im Innersten durchwalten?" Indessen wird sogleich hinzugefügt: „Aber freilich jede derartige Vorstellung bleibt nur ein müßiges Spiel der Phantasie. Die Erlaubnis, ihm nachzuhängen, hätte die Metaphysik — die Grenzen der menschlichen Erkenntnis entlang tastend — von einer erkenntniskritischen Einsicht in das Verhältnis der besonderen Gestaltung, welche unser Denken ist, zu der möglichen Gestaltung überhaupt in schwieriger und mühseliger Untersuchung zu erringen." M. KRONENBERG, Berlin.

EDDINGTON, A. S., **Relativitätstheorie in mathematischer Behandlung.** Übersetzung von A. OSTROWSKI und H. SCHMIDT. Berlin: Julius Springer 1925. XIV, 377 S. 16 × 24 cm. Preis geh. 18,—, geb. 19,50 Reichsmark.

Angesichts der Bedeutung und Gedankentiefe des EDDINGTONschen Lehrbuches der Relativitätstheorie, die in dieser Zeitschrift bei Besprechung des englischen Originals von fachkundiger Seite bereits eine eingehende Würdigung erfahren hat[1]), ist es wärmstens zu begrüßen, daß nunmehr dieses Werk durch eine deutsche Ausgabe einem weiteren Leserkreis zugänglicher gemacht worden ist. Die Übersetzung ist mustergültig; überdies sind von den Übersetzern an mehreren Stellen noch besonders gekennzeichnete, erläuternde Fußnoten hinzugefügt. Wie im Vorwort angegeben, umfaßt die deutsche Ausgabe den gesamten Inhalt der zweiten englischen Auflage.

Von besonderem Interesse ist das letzte Kapitel des Buches („Die Weltgeometrie"), das von den theoretischen Ansätzen handelt, durch die eine innigere begriffliche Verschmelzung des elektromagnetischen und des Gravitationsfeldes angestrebt wird. Zu dieser weiteren Entwicklung der allgemeinen Relativitätstheorie, die bisher allerdings zu vollständig befriedigenden Resultaten nicht hat vordringen können, haben hauptsächlich WEYL, EDDINGTON selbst und EINSTEIN beigetragen. Sehr wertvoll ist es daher, daß am Schlusse des Buches eine Note von EINSTEIN über seinen eigenen Beitrag zu EDDINGTONS Theorie beigefügt ist.

Zwischen dem physikalischen Standpunkt der allgemeinen Relativitätstheorie in ihrer ursprünglich von EINSTEIN aufgestellten Form und demjenigen der erwähnten, einen näheren Zusammenhang zwischen Gravitation und Elektrizität anstrebenden Theorien besteht ein prinzipieller Unterschied, der in dem besprochenen Buch durch die Stichworte „natürliche Geometrie" und „Weltgeometrie" gekennzeichnet und eingehend erläutert wird. Die natürliche Geometrie bezieht sich auf die direkt beobachtbaren Angaben von Maßstäben und Uhren, durch die ursprünglich die 10 Tensorkomponenten des metrischen Feldes definiert sind. Die wesentlich neue physikalische Einsicht, welche die allgemeine Relativitätstheorie brachte, besteht in dem Zusammenhang dieser natürlichen Geometrie mit dem Gravitationsfeld und beruht auf der Erfahrungstatsache der Gleichheit von schwerer und träger Masse. Einem Versuch einer analogen geometrischen Deutung des elektromagnetischen Feldes steht nun die Schwierigkeit entgegen, daß hier keine der Gleichheit von schwerer und träger Masse entsprechende Erfahrungstatsache vorliegt, die eine solche Deutung als „natürlich" erscheinen lassen würde. Man hat sich daher so geholfen, daß man eine hinreichend allgemeine Geometrie zugrunde legte, bei der zunächst von einem direkten Zusammenhang der eingeführten geometrischen Größen mit dem beobachteten Verhalten der Maßstäbe und Uhren keine Rede ist. Wie EDDINGTON treffend bemerkt, ist diese „Weltgeometrie" eine Art *graphische Darstellung* der physikalischen Größen und Gesetze. Durch Konstruktion geeigneter Geometrien, in denen besonders ein verallgemeinerter Begriff der Parallelverschiebung eine wesentliche Rolle spielt, gelingt es in der Tat, die Gesetze des elektromagnetischen und des Gravitationsfeldes einheitlich zu formulieren, was jedoch im einzelnen auf verschiedene Weisen möglich ist.

Es ist aber im Auge zu behalten, daß es sich hierbei wohl mehr um eine rein formale, als um eine physikalische Einsicht handelt. Auch konnten durch diese Theorien bisher keine neuen, der Prüfung durch die Erfahrung zugänglichen Ergebnisse gewonnen werden. Man dürfte daher mit einer gewissen Befriedigung EINSTEINS Standpunkt zu diesen Theorien vernehmen, den er am Schluß der obenerwähnten Note über „EDDINGTONS Theorie und HAMILTONsches Prinzip" in folgendem Satz zusammenfaßt: „Für mich besteht das Endergebnis dieser Betrachtung leider in dem Eindruck, daß uns die WEYL-EDDINGTONsche Vertiefung der geometrischen Grundlagen keinen Fortschritt der

[1]) Diese Zeitschr. 11, 382. 1923.

physikalischen Erkenntnis zu bringen vermag; hoffentlich wird die künftige Entwicklung zeigen, daß diese pessimistische Meinung unberechtigt gewesen ist."

Es scheint dem Ref., daß auch durch die neueste Arbeit von EINSTEIN über „Gravitation und Elektrizität"[1]) diese Sachlage sich noch nicht wesentlich verändert hat. Dagegen ist es nicht ausgeschlossen, daß das hiermit zusammenhängende Problem der Struktur des Elektrons durch die neuere Entwicklung der Quantentheorie wieder in den Vordergrund treten wird[2]). W. PAULI jr., Hamburg.

DRECKER, **Zeitmessung und Sterndeutung in geschichtlicher Darstellung.** Berlin: Gebr. Borntraeger 1925. 185 S. und 67 Abbild. 14×22 cm. Preis 6,75 Reichsmark.

Das Werkchen, Band 8 der Sammlung Bornträger, zerfällt in 3 miteinander in ziemlich losem Zusammenhange stehende Abschnitte von verschiedenem literarischen Reiz und Wert. Der erste Teil behandelt die *Chronologie* und verrät nicht nur den den Stoff beherrschenden Sachkenner, sondern auch den gewissenhaften und dabei stets eleganten und anregenden Darsteller. Pedantische Fachkritik würde mancherlei Schwächepunkte aufweisen können. Aber der Gesamteindruck dieses Abschnittes, der auf 55 Seiten einen immerhin ziemlich spröden Stoff erschöpfend, im besten Sinne gemeinverständlich und ohne alle ermüdenden Weitläufigkeiten darzustellen verstanden hat, ist so erfreulich, daß kleinliche Detailkrittelei geschmacklos wäre; Ref. glaubt, daß auch der strengste Fachmann diesen Abschnitt nicht anders haben möchte als er ist.

Der zweite Abschnitt befaßt sich mit der *Horologie*, d. h. mit der geschichtlichen Entwicklung der Unterteilung des Tages in Stunden, und allgemein der praktischen Bestimmung der empirischen Zeit. In diesem Abschnitte wird das ästhetische Urteil des fachmännischen Lesers einer erheblich härteren Belastung ausgesetzt. Zwar erfährt man über die historische Entwicklung der Stundeneinteilung des Tages alles Erforderliche, dann aber läuft auf dem Lieblingsgebiete des Verf., der Sonnenuhrenkunde, die Darstellung — im Verhältnis zum Gesamtumfang des Werkchens — zu sehr in die Breite, so daß für die modernen Probleme der Zeitdefinition und Zeitbestimmung, sowohl nach der prinzipiellen wie der praktisch instrumentellen Seite, fast gar kein Raum übrigbleibt, und der völlig harmlose Leser schließlich zu der Meinung gelangen kann, daß die Einführung einer präzis definierten mittleren Zeit auch im praktischen Leben eigentlich nur wegen des unbequem genauen Ganges der modernen Uhren erfolgt ist, und daß man noch heute die genaue Zeit mit der Sonnenuhr bestimmt. So wenig der Ref. die hübschen und interessanten Mitteilungen aus dem Gebiete der Gnomonik missen möchte, so wenig kann er sich damit einverstanden erklären, daß dies auf Kosten der Fortschritte der Zeitdefinition und -bestimmung der letzten 3 Jahrhunderte erreicht wird. Es dürfte dem Verf. keinerlei Schwierigkeiten machen, empfindliche Lücken, die hier geblieben sind, durch Ergänzung und Abglättung des Stoffes bei späterer Neubearbeitung zu schließen.

In dem dritten Teile endlich, der die *Astrologie* behandelt, ist dem Verf. jedenfalls das Verdienst zuzuerkennen, daß er in die völlig verworrene Materie so weit Ordnung und Klarheit gebracht hat, daß jeder einigermaßen urteilsfähige Leser begreift, wieso *ex eventu* so ziemlich jedes Horoskop richtig gestellt werden kann.

Ob das Werkchen „notwendig" war, darüber läßt sich streiten; es wird dem Verf. eine Kleinigkeit sein, in Zukunft die meisten Bedenken dagegen unwirksam zu machen. Hübsch und lesenswert ist es jedenfalls auch schon in seiner heutigen Form.

A. v. BRUNN, Danzig.

SOERGEL, W., **Die Gliederung und absolute Zeitrechnung des Eiszeitalters.** Fortschr. d. Geologie u. Paläontologie, H. 13, S. 125—251. Berlin: Gebr. Borntraeger 1925. 16×25 cm. Preis 8,25 Reichsmark.

Auf Grund der Berechnungen MILANKOVITSCHS, welche die Veränderungen der Strahlungsintensität des Sommerhalbjahres in höheren Breiten innerhalb der letzten 650 000 Jahre betreffen, haben KÖPPEN und WEGENER eine astronomische Gliederung des Eiszeitalters durchgeführt. Diese wird von den beiden Autoren in Breitenschwankungskurven wiedergegeben, welche sich durch *vier* gedoppelte Strahlungsminima auszeichnen; letztere entsprechen der alten geologischen, von PENCK und BRÜCKNER gegebenen Einteilung des Diluviums in Günz-, Mindel-, Riß- und Würmeiszeit. Auch der baltische Vorstoß und eine namenlose Eiszeit zwischen Mindel- und Rißeiszeit kommen deutlich bei den Kurven zum Vorschein. Doch ziehen sich die betreffenden Knicke nicht so weit herunter wie die sich auf die 4 Haupteiszeiten beziehenden Kurvenabschnitte.

SOERGEL hat im *nichtvereisten* Thüringen 11 kalte und 11 warme Perioden nachgewiesen, welche sich durch Terrassen- und Erosionsbildungen dokumentieren. Die Erosionen entsprechen dabei Inter- bzw. Nichtglazialzeiten. Diese 22 Perioden versucht SOERGEL mit 20 Perioden (10 kalte und 10 gemäßigte), welche er aus der Strahlungskurve abliest, zu parallelisieren, wobei als Vergleichsfundament für die Altersbestimmung vier *„eindeutig* altersbestimmte Terrassen im Ilm- und Saalegebiet" dienen. Die überschüssige Eiszeit, welche in Thüringen durch eine Terrasse belegt wird, verlegt SOERGEL in die Zeit zwischen II. Riß- und I. Würmglazial und nennt sie Prärißeiszeit, so daß also die 11 geologisch nachgewiesenen Eiszeiten mit den 8 Hauptminima und 3 Nebenminima der KÖPPEN-WEGENERschen Kurven zusammenfallen.

Verf. erweitert seine Anschauung über den 11maligen Klimawechsel, welchen er im nichtvereisten Gebiet nachgewiesen hat, auch auf die *vereisten* Gebiete, was aber vorerst nur als Arbeitshypothese angesehen werden kann, da sich, wie SOERGEL auseinandersetzt, diese nicht zur vollständigen Gliederung des Eiszeitalters eignen.

Da nun die Minima der Strahlungskurven zeitlich nach Jahrtausenden festgelegt sind, so gilt dies auch nach dem Vorhergehenden für die einzelnen kalten Diluvialzeiten, weil ja letztere mit den Kurvenminima zusammenfallen, was das KÖPPEN-WEGENERsche Diagramm deutlich für die 4 *Haupteiszeiten* zum Ausdruck bringt. SOERGEL geht noch weiter und legt die einzelnen 11 thüringischen Terrassen absolut zeitlich auf Grund der Strahlungskurvenknicke fest. Er gibt einen ausführlichen Kalender des Diluviums, aus dem man die Daten der Eis- und Zwischeneiszeiten und ihre absolute Dauer in Jahrtausenden ablesen kann. Gelingt es, irgend einen Absatz innerhalb des Diluviums geologisch genau zu fixieren, so können die Zeiten, welche zu seiner Bildung nötig waren, aus der Strahlungskurve abgelesen werden, was SOERGEL z. B. für die Travertine von Ehringsdorf ausführt.

SOERGEL hebt am Schluß der Arbeit den Wert der exakteren chronologischen Einteilung des Diluviums für verschiedene naturwissenschaftliche Disziplinen

[1]) Berl. Ber. 414. 1925.

[2]) Vgl. hierzu die Note von S. GOUDSMIT und E. UHLENBECK, diese Zeitschr. **13**, 953. 1925.

hervor, u. a. auch für die Prähistorie und Paläanthropologie. Von der Länge der einzelnen Kulturen geben die Zahlen SOERGELS einen Begriff; so dauerte das Acheuléen 193, das Celléen 53 bzw. 96, das Moustérien 73 bzw. 30, das Aurignacien 38, das Solutréen 5 und das Magdalénien 46 Tausend Jahre.

Man wird gegen SOERGELS Ansicht einwenden können, daß manche Kurvenknicke des Strahlungsdiagramms, welche nicht weiter verwertet sind, mit nicht unbedeutender Wärmeabnahme in Zusammenhang stehen könnten, wobei etwa auf das doppelte Herunterdrücken der Kurve zwischen Mindel II und Präriß hingewiesen sei. Wenn auch diese Minima nicht so tief wie beim Präriß heruntergehen, so ist die Differenz doch minimal, so daß also die Zahl der Eiszeiten bzw. Eisvorstoßzeiten noch um 2 vermehrt werden könnte, wenn man Präriß als Eiszeit bzw. als Eisvorstoßzeit ansieht. Doch sind derartige Einwände belanglos, denn es ist vollständig gleichgültig, ob man 10, 11 oder 13 Eiszeiten bzw. Eisvorstoßzeiten annimmt. Der Hauptwert der SOERGELschen Arbeit ist, daß sie mit Nachdruck darauf hinweist, daß nicht nur eine großzügige Übereinstimmung zwischen geologischer und astronomischer Einteilung der Diluvialzeit besteht, wie dies KÖPPEN und WEGENER darstellen, sondern, daß auch die detaillierte Terrasseneinteilung des Ilm-Saalekomplexes in das Strahlungsdiagramm hineinpaßt, und daß auf diese Weise eine exaktere absolute Zeiteinteilung des Diluviums als bisher möglich erscheint.

H. KLÄHN, Rostock.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

Zur Frage der Dissoziationsarbeit von Stickstoff und Sauerstoff.

In einer kürzlich erschienenen Arbeit (Physical. Review **26**, 786. 1925) bestimmen T. R. HOGNESS und E. G. LUNN die relative Zahl an Ionen N^+ und $N_2{}^+$, die bei verschiedenen Drucken und Spannungen gebildet werden. Sie finden von 17 Volt ab nur $N_2{}^+$-Ionen in Übereinstimmung mit anderen Beobachtungen. (Literatur siehe bei HOGNESS und LUNN.) Von 24 Volt ab beobachten sie daneben das Auftreten von N^+-Ionen. Entsprechend der beobachteten Druckabhängigkeit schließen sie, daß das Auftreten dieser Ionen die Folge eines sekundären Prozesses ist. Sie nehmen an, daß bei 17 Volt und 24 Volt zwei verschiedenartige Molekülionen gebildet werden, ein stabiles und ein unstabiles, je nachdem ob ein „nicht bindendes" oder ein „bindendes" Elektron durch den Ionisationsprozeß entfernt wird. Nach ihrer Auffassung müßte man für das Stickstoffmolekül zwei verschiedene Ionisierungsspannungen und demnach auch zwei verschiedene Bandensysteme entgegen den Beobachtungen erwarten. Diese Schwierigkeit kann man umgehen, wenn man annimmt, daß die Differenz von 24 bis 17 Volt zur Anregung des Molekülions verwandt wird. Daß das Molekülion unterhalb von 24 Volt nicht so dissoziieren kann, daß ein Atomion dabei auftritt, zeigt die folgende Überlegung. Das Molekülion muß als Energie mindestens die Dissoziationsenergie und die Ionisierungsenergie eines Stickstoffatoms enthalten, um bei einem Zusammenstoß mit einem N_2 ein Atomion liefern zu können. Die Dissoziationsarbeit des Stickstoffs habe ich kürzlich (Zeitschr. f. Physik **34**, 622. 1925) zu etwa 11,4 Volt[1]) angegeben. Auf Grund einer Arbeit von C. G. KIESS (Journ. of Opt. Soc. **34**, 622. 1925) und theoretischer Überlegungen gibt F. HUND (Zeitschr. f. Physik **34**, 296. 1925) ein Termschema des N-Atoms, aus dem eine Ionisierungsenergie von 12,2 Volt folgt. Der Prozeß wäre also:

$$N_2{}^+ (24\ \text{Volt}) \rightarrow N + N^+ (12{,}2) + D (11{,}4)$$

Die Übereinstimmung ist absolut innerhalb der Fehlergrenzen. Die Differenzenergie von $24 - 16{,}5 = 7{,}5$ Volt (16,5 Volt für die Ionisierungsenergie aus neuen Messungen, H. SPONER, l. c.) würde die Dissoziationsarbeit des Molekülions bestimmen.

Die oben stehende Energiegleichung kann man nun benutzen, um zu einer Schätzung für die Dissoziationsenergie des Sauerstoffs zu kommen. Entnimmt man einer Arbeit von SMYTH (Proc. Roy. Soc. **105** A, 116. 1923) den Wert von 22 Volt für O_2, der den 24 Volt für N_2 entspricht, und benutzt man die von J. J. HOPFIELD für Sauerstoff (Nature **112**, 437. 1923) angegebene Ionisierungsspannung von 13,6 Volt, so erhält man für die Dissoziationsarbeit des Sauerstoffs etwa 8 Volt. Durch die Freundlichkeit von Dr. HOGNESS erhielt ich Kenntnis von noch nicht veröffentlichten gemeinsam mit Herrn LUNN ausgeführten Messungen in Sauerstoff, die für die Dissoziationsenergie etwa 6,5 Volt ergeben. Es scheint danach, das der von SMYTH beobachtete Wert etwas zu hoch ist. WULF (Journ. of the Americ. Chem. Soc. **47**, 1944. 1925) gewinnt als obere Grenze für die Dissoziationsarbeit des Sauerstoffs 5,9 Volt, da er als Ausgangsenergie für $O_2{}^+$ 19,5 Volt aus einer Arbeit von LOCKROW und DUFFENDACK (Physical. Review **25**, 110. 1925) nimmt. Es ist aber sehr gut möglich, daß dieses Potential nicht der Dissoziation in ein neutrales und ein ionisiertes, sondern in ein neutrales und ein angeregtes Atom entspricht. Prof. BIRGE hat aus spektroskopischen Daten jetzt die Dissoziationsarbeit von O_2 zu 7 Volt bestimmt. Über dieses Resultat soll in Zusammenhang mit andern neuen Ergebnissen binnen kurzem ausführlich berichtet werden.

Berkeley, University of California, Departement of Physics. Januar 1926. HERTHA SPONER.

[1]) LANGMUIR schätzte schon in früheren Arbeiten die Dissoziationsarbeit von N_2 höher als 10 Volt. (Lit. siehe bei HOGNESS und LUNN.)

Über Beziehungen zwischen den Übergangswahrscheinlichkeiten beim Zeemaneffekt (magnetischer *f*-Summensatz).

Durch eine Kombination der SOMMERFELD-HÖNLschen Formeln[1]) für die Intensitäten der Komponenten von Multiplettlinien erster Stufe mit den HÖNLschen Formeln[1]) für die Intensitäten der Zeemankomponenten lassen sich die folgenden einfachen Beziehungen gewinnen. Man bezeichne das Produkt aus der Übergangswahrscheinlichkeit und der Abklingungszeit eines klassischen Oszillators mit f^2), und betrachte in einer

[1]) A. SOMMERFELD und H. HÖNL, Sitzungsber. d. preuß. Akad. d. Wiss. 1925, S. 141; H. HÖNL, Zeitschr. f. Phys. **31**, 340. 1925. Vgl. ferner R. DE L. KRONIG, Zeitschr. f. Phys. **31**, 885. 1925.

[2]) Vgl. z. B. R. LADENBURG und F. REICHE, Naturwissenschaften 1923, S. 588; F. REICHE und W. THOMAS, Zeitschr. f. Phys. **34**, 510. 1925.

magnetisch zerlegten Multiplettlinie ein bestimmtes magnetisches Niveau, das durch die Quantenzahlen (in SOMMERFELDS Normierung) j_a (Quantenzahl der Anregung $= k-1$), j (innere Quantenzahl), m (magnetische Quantenzahl) charakterisiert ist. Dann folgt für die auf dem betrachteten Niveau endigenden Übergänge, soweit sie der gesamten Multiplettlinie (d. h. allen ihren Komponenten $\Delta j = 0, \pm 1$) entsprechen:

$$\left.\begin{aligned} \sum_{\Delta j=0,\pm 1}\left(f'_{m+1\to m} - f'_{m-1\to m}\right) &= (2-g)\cdot m\cdot\frac{\sum f'}{j_a+1} \\ &\text{für die Übergänge } j_a+1\to j_a \\ \sum_{\Delta j=0,\pm 1}\left(f''_{m+1\to m} - f''_{m-1\to m}\right) &= -(2-g)\cdot m\cdot\frac{\sum f''}{j_a} \\ &\text{für die Übergänge } j_a-1\to j_a . \end{aligned}\right\} \quad (1a)$$

Hier bedeutet g den LANDÉschen Aufspaltungsfaktor des betrachteten Niveaus; links stehen die Summen über die f-Differenzen der σ-Komponenten, während die rechts auftretenden Summen *alle* auf dem betrachteten Niveau endigenden Übergänge umfassen, soweit sie der Multiplettlihie angehören.

Ganz analog ergibt sich für die von einem bestimmten magnetischen Niveau (j_a, j, m) ausgehenden Übergänge:

$$\left.\begin{aligned} \sum_{\Delta j=0,\pm 1}\left(f'_{m\to m-1} - f'_{m\to m+1}\right) &= (2-g)\cdot m\cdot\frac{\sum f'}{j_a} \\ &\text{für die Übergänge } j_a\to j_a-1 \\ \sum_{\Delta j=0,\pm 1}\left(f''_{m\to m-1} - f''_{m\to m+1}\right) &= -(2-g)\cdot m\cdot\frac{\sum f''}{j_a+1} \\ &\text{für die Übergänge } j_a\to j_a+1 . \end{aligned}\right\} \quad (1b)$$

[In den Formeln (1a) und (1b) bezieht sich der Index a auf die Absorptionslinien, der Index e auf die Emissionslinien des betrachteten Niveaus. Der Strich an den Indices deutet hier, wie im folgenden, an, daß bei den betreffenden Übergängen j_a zunimmt.]

Die Beziehungen (1a) (1b) lassen eine Anwendung auf die von R. LADENBURG[1]) kürzlich aufgefundene longitudinale paramagnetische Drehung der Polarisationsebene zu. Aus LADENBURGS Formel (3) in der zitierten Arbeit folgt — da die Differenz $(\varrho_- - \varrho_+)$ für jede Multiplettlinie, die zu der Drehung beiträgt, bekanntlich[2]) proportional zu den linken Seiten der Formeln (1a) und (1b) ist[3]) — daß die longitudinale paramagnetische Drehung außerhalb der Linien die Größe $(2-g)$ als Proportionalitätsfaktor enthält. Die Drehung verschwindet daher für alle $s =$ Terme, also z. B. für die Grundzustände der Alkalien.

Die Formeln (1a) (1b) lassen sich ferner zu einem „magnetischen" f-Summensatz vereinigen, der dem von W. THOMAS[4]) abgeleiteten analog ist. Die korrespondenzmäßige Rechnung liefert für ein mehrfach periodisches System im Magnetfeld bei hohen Quantenzahlen die Beziehung:

$$\sum_{\Delta n;\ \Delta j_a;\ \Delta j} \left(f_{\Delta m=+1} - f_{\Delta m=-1}\right) = m \quad (2)$$

wobei über alle möglichen Sprünge der Hauptquantenzahl n, der Anregungsquantenzahl j_a und der inneren Quantenzahl j summiert ist. Eine naheliegende quantenmäßige Umdeutung der Formel (2) führt, unter Benutzung von (1a) (1b), auf die Summenformel:

$$\left.\begin{aligned} &\tfrac{1}{2}\Big\{\sum_a\left(f'_{m+1\to m} - f'_{m-1\to m}\right) \\ &+ \sum_e\left(f''_{m\to m-1} - f''_{m\to m+1}\right)\Big\} = (2-g)\cdot m\cdot\Phi . \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

Hier ist die a-Summe über die a-Komponenten *aller* auf dem betrachteten Niveau (j, j_a, m) endigenden Absorptionslinien (ohne Einschränkung), die e-Summe über die σ-Komponenten *aller* von dem betrachteten Niveau ausgehenden Emissionslinien erstreckt. Die genaue Form der Größe Φ, die noch von den Quantenzahlen des betrachteten Niveaus abhängen kann, läßt sich, wie bekannt, durch Korrespondenzbetrachtungen nicht ermitteln. Jedoch unterliegt Φ den folgenden weitgehenden Einschränkungen:

1. Da für hohe Quantenzahlen (3) mit (2) identisch werden muß, g aber in diesem Fall dem Wert 1 zustrebt, so muß Φ für hohe Quantenzahlen ($j_a \gg 1$) gleich 1 werden.

2. Aus (1a) (1b) folgt durch Summation über *alle* Linien:

$$2\,\Phi = \frac{\sum_a f' - \sum_e f''}{j_a+1} + \frac{\sum_e f' - \sum_a f''}{j_a} \quad (4a)$$

Andererseits läßt sich der THOMASsche Summensatz in die Gestalt bringen:

$$s\,(=\text{Periodizitätsgrad}) = \left(\sum_a f' - \sum_e f''\right) - \left(\sum_e f' - \sum_a f''\right) \quad (4b)$$

Für $j_a = 0$ (s-Term) fallen in (4a) (4b) rechts die zweiten Glieder identisch fort. Daher folgt:

$$\Phi_{j_a=0} = \tfrac{1}{2}\,s .$$

Es sei noch erwähnt, daß eine etwas andere Kombination der Formeln (1a) (1b) mit (4b) den folgenden Summensatz liefert:

$$\left.\begin{aligned} &\Big[(j_a+1)\cdot\sum_a\left(f'_{m+1\to m} - f'_{m-1\to m}\right) \\ &- j_a\cdot\sum_a\left(f'_{m+1\to m} - f''_{m-1\to m}\right)\Big] \\ &- \Big[j_a\cdot\sum_e\left(f'_{m\to m-1} - f''_{m\to m+1}\right) \\ &- (j_a+1)\sum_e f''_{m\to m-1} - f''_{m\to m+1}\Big)\Big] \end{aligned}\right\} = (2-g)\,m\,s \quad (5)$$

Breslau, Februar 1926. F. REICHE.

[1]) R. LADENBURG, Zeitschr. f. Phys. **34**, 898. 1925.

[2]) R. LADENBURG, Zeitschr. f. Phys. **4**, 451. 1921; H. A. KRAMERS, Nature **113**, 673. 1924.

[3]) Hierbei ist vorausgesetzt, daß die Komponenten der Multiplettlinie so nahe beieinander liegen, daß man die Verschiedenheit ihrer Frequenzen vernachlässigen kann.

[4]) W. THOMAS, Naturwissenschaften **13**, 627. 1925. Vgl. ferner F. REICHE und W. THOMAS, l. c.; W. KUHN, Zeitschr. f. Phys. **33**, 408. 1925.

Literatur über Radioaktivität.

Im Hinblick auf die Schwierigkeiten, in *alle* wissenschaftlichen Zeitschriften (insbesondere Sitzungsberichte der lokalen Akademien, Dissertationen im Sonderdruck usw.) Einblick zu erhalten, richte ich an alle Berufskollegen, die sich mit Radioaktivität und radioaktiver Strahlung beschäftigen, die Bitte mir Sonderdrucke ihrer Arbeiten freundlichst zusenden zu wollen. Da mir die Abfassung des Teilbandes „Radioaktivität" im neuen „Handbuch der Experimentalphysik" übertragen wurde, wäre dies für mich bzw. für das Buch von sehr großem Werte. Meine Anschrift ist:

Prof. Dr. K. W. F. KOHLRAUSCH, *Graz*, Österreich, Rechbauerstraße, physik. Institut der technischen Hochschule.

Graz, März 1926. K. W. F. KOHLRAUSCH.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft.

(Berliner Zweigverein).

In der Sitzung am 1. Dezember 1925 gab zunächst Herr Geh. Rat Prof. Dr. SÜRING einen **Bericht über die Tagung der internationalen Strahlungskommission in Davos.**

Diese Kommission tagte vom 31. August bis 2. September in Davos. Von den einzelnen Ländern waren nur die Schweiz, Holland, Deutschland, Schweden und Polen vertreten. Leider konnte der Hauptpunkt der Tagesordnung, der der Strahlungskommission von der letzten internationalen Meteorologenkonferenz in Utrecht zugewiesen worden war, nämlich die Schaffung einer Zentrale zur Eichung und Kontrolle von Strahlungsapparaten, nicht zur Verhandlung kommen, da erst eine weitere Klärung der organisatorischen Verhältnisse in Schweden abgewartet werden sollte. Infolgedessen wurden die Verhandlungen in der Hauptsache zu einer Besprechung der heutigen Methoden der Strahlungsmessung.

In Amerika wird fast ausschließlich das sog. Silverdisk-Pyrheliometer in einer Modifikation nach MARVIN als Strahlungsinstrument gebraucht. Das Weather-Bureau hat seine Apparate zur Registrierung eingerichtet und verfügt aus seinem Stationsnetz über einige Reihen vergleichbarer Messungen. Der Nachteil des Silverdisk-Pyrheliometers liegt allerdings in seiner verhältnismäßig großen Trägheit. In Europa zieht man direkte Bestrahlung des Thermometerkörpers vor. Hier ist das ANGSTRÖMsche Kompensations-Pyrheliometer am verbreitesten. Es wurde auf der Tagung als das beste Instrument angesprochen. Als Nachteil wird nur empfunden, daß bei ihm eine zu große Strahlungsfläche aufgenommen wird. Daneben sind noch Instrumente im Gebrauch, die ohne Kompensation arbeiten und als Relativinstrumente an ein Normalinstrument angeschlossen werden müssen; es sind dies die von DORNO, LINKE und GORCZYNSKI angegebenen Apparate. In Ost- und Südeuropa ist das genügende Werte liefernde Bimetallaktinometer nach MICHELSON vielfach in Gebrauch. Zwischen Amerika und Europa besteht insofern ein Gegensatz, als in Amerika in der Strahlungsmessung Einheitlichkeit herrscht, in Europa dagegen Instrumente verschiedener Bauart ohne rechte Kontrolle benutzt werden.

Die Apparatur zur Messung der Gesamtstrahlung des Himmels ist in Amerika in Form der Pyranometer entwickelt. Von ihm liegen vier verschiedene Abarten nach CALENDAR, ABBOT-ALDRICH, ANGSTRÖM und KIMBALL vor. An Registrierungen sind längere Reihen nur in England und Amerika gewonnen worden; Europa verfügt nur über kürzere Reihen.

Ein von C. DORNO auf der Tagung gehaltener Vortrag beschäftigte sich mit der Wichtigkeit der Strahlungsforschung für die Klimatologie und betonte besonders die Notwendigkeit des Studiums der ultravioletten Strahlung, neben der die Strahlung im grüngelb gleichfalls von Bedeutung ist.

Die von der Kommission gefaßten Beschlüsse bezogen sich auf das zu erstrebende weitere Studium der Apparate und Eichung durch Schweden, auf die Untersuchung der Filter, auf die Strahlungsmessungen vom Flugzeug aus und auf die Messungen mit photoelektrischen Zellen.

An zweiter Stelle sprach Herr Prof. Dr. KASSNER über **Die Feuchtigkeits-Windrose von Helgoland.**

Gegenüber den Verhältnissen im norddeutschen Flachland zeigt Helgoland eine auffallende Beziehung zwischen Windrichtung und den höchsten und tiefsten Werten der absoluten Feuchtigkeit. Der Höchstwert ist im Januar mit Westwind zu erwarten und wandert dann im Jahresgang über Süd nach Südost, wo er in der warmen Jahreshälfte vom Mai bis August bleibt, um aber dann wieder über Süd nach West im Dezember zurück zu drehen. Der tiefste Wert führt eine ganz entsprechende Drehung aus, die nur um 180° von der eben geschilderten entfernt ist. Die ihm zukommende Windrichtung verschiebt sich von Ost über Nord nach Nordwest und zurück über Nord nach Ost. Die Erklärung ist in den jeweiligen Gegensätzen in der Erwärmung vom festländischen Europa und dem Meere zu suchen. KN.

Astronomische Mitteilungen.

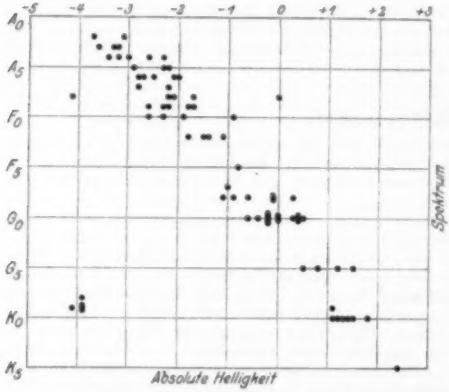
Die Eigenbewegung der Hyaden. (Publ. of the Kapteyn Astronomical Laboratory at Groningen, Nr. 35: The proper motions of the Hyades derived from plates taken at the Helsingfors Observatory by Prof. A. DONNER, measured and discussed by Prof. Dr. P. J. VAN RHIJN, director and W. J. KLEIN WASSINK, assistant of the Kapteyn Laboratory. Groningen 1924.) Die bewegten Sternhaufen zeichnen sich dadurch aus, daß ihre Mitglieder identische räumliche Geschwindigkeiten haben. Ihre scheinbaren Bewegungen an der Sphäre konvergieren also gegen *einen* Fluchtpunkt; kennt man diesen sowie die Radialgeschwindigkeit eines Mitgliedes, so läßt sich die gemeinsame räumliche Geschwindigkeit und damit rückwärts auch die Tangentialgeschwindigkeit eines Sternes in km/sec angeben. Vergleichung der letzteren mit der Eigenbewegung in Winkelmaß liefert dann die Parallaxe des Sternes. Meist muß man sich auf die *mittlere* Eigenbewegung des Haufens und dementsprechend auf die *mittlere* Parallaxe beschränken. Sind aber die Einzel-Eigenbewegungen hinreichend genau bekannt (dies ist um so eher zu erreichen, je größer die Eigenbewegung ist), so kann man auch aus dem Vergleich dieser Eigenbewegungen mit den auf Grund der mittleren Entfernung des Haufens berechneten genauere Entfernungen für die individuellen Sterne erhalten und damit die Tiefe des Haufens kennenlernen.

Der bewegte Sternhaufen der Hyaden ist gegenwärtig der bestbekannte seiner Art; in Zukunft wird er am ehesten Aufschluß über das Wesen dieser Sternhaufen sowie über die Entwicklung der Sterne im allgemeinen geben können. Neben zahlreichen spektroskopischen Doppelsternen gehören den Hyaden fünf visuelle Paare mit erkennbarer Bahnbewegung an. Für die scheinbaren Helligkeiten und Spektren liegen zuverlässige Angaben von mehreren Seiten vor. Nach photographischen Aufnahmen der Gruppe mit 20 Jahren Zwischenzeit lassen sich die physischen Mitglieder auf Grund ihrer großen Eigenbewegung (0″,10 im Jahr) von den Hintergrundsternen trennen. Für die helleren Sterne hat man zur weiteren Sicherung ihre Radialgeschwindigkeiten (rund 40 km/sec). Die mittlere Parallaxe (0″,027) ist zwar so klein, daß trigonometrische Messungen im einzelnen nur gegen, nicht für die Zugehörigkeit eines Sternes entscheiden können; sie ist aber groß genug, um für die länger beobachteten

Haufensterne eine Ableitung individueller Parallaxenwerte aus der perspektivischen Verschiedenheit ihrer Eigenbewegungen zu gestatten. Andererseits ist die scheinbare Ausdehnung des Haufens am Himmel noch so gering, daß eine *zufällige* Übereinstimmung der Geschwindigkeit eines Sternes mit derjenigen der Gruppe nur selten zu erwarten ist. (Ungünstiger liegen die Verhältnisse bei der Ursa-Gruppe, die wegen ihrer größeren Nähe ausgedehnter erscheint und deren räumliche Bewegung außerdem noch mit einer der beiden häufigsten Geschwindigkeiten sehr nahe übereinstimmt. So bleibt es zweifelhaft, ob gewisse vereinzelt über den ganzen Himmel verteilte Sterne noch physisch zur Ursa-Gruppe gehören.)

Am Himmelskartenrefraktor in Helsingfors wurden von den Zentralhyaden 2 Reihen von Aufnahmen in einem zeitlichen Abstande von 16—17 Jahren genommen. Die Platten wurden in Groningen ausgemessen. Die dabei erhaltenen rechtwinkligen Koordinaten der Sterne beziehen sich auf ein System von möglichst schwachen und wenig bewegten Anhaltsternen. Die Differenzen der alten und neuen Koordinaten eines Sternes geben dann nach einer linearen Transformation sofort seine Eigenbewegung, bezogen auf das Mittel der Anhaltsterne. Die Haufensterne heben sich durch ihre besondere Eigenbewegung deutlich aus der Menge der Hintergrundsterne heraus; zweifelhafte Fälle sind selten. Gewisse von der Helligkeit abhängige systematische Fehler stören, dank der großen Gesamteigenbewegung, nicht. Die Zahl der Hintergrundsterne ist geringer, als es dieser galaktischen Breite im Mittel zukommt. Allerdings liegen die bekannten Taurus-Sternleeren nicht weit.

Anläßlich dieser Erweiterung unserer Kenntnis der Hyaden erscheint es wünschenswert, sich die Verteilung der Spektren auf die absoluten visuellen Helligkeiten von neuem zu veranschaulichen, wie im beigefügten Diagramm geschehen. Berücksichtigt habe ich hier



sämtliche physischen Mitglieder mit bekanntem Spektrum (an Zahl 73), also auch die außerhalb des in Groningen vermessenen Mittelfeldes gelegenen. Die schwächeren Sterne, deren Spektrum noch unbekannt ist, gehören ihrer Farbe nach zu den Typen *G* und *K*. Die Spektralangaben sind als Mittel aus den verschiedenen Bestimmungen gebildet, wobei jede Quelle ein festbleibendes Gewicht erhielt. Bei engen Doppelsternen ist die Helligkeit des Begleiters eliminiert worden. Für die in Medd. fr. Lunds Astron. Observ. ser. II, Nr. 26 (Rasmuson) vorkommenden Sterne wurden die dort berechneten hypothetischen Einzelparallaxen, für die übrigen der mittlere Wert 0″,0275 angenommen. Selbstverständlich kann sich später doch noch der eine oder andere Stern als Nichtmitglied erweisen. An diesem sog. Russell-Diagramm[1]) ist nun folgendes bemerkenswert: Übergiganten und Sterne mit dem Spektrum *B* kommen nicht vor; die Riesen sind gegen die Zwerge sehr in der Minderzahl; Zwischenglieder zwischen beiden und Riesen vom Spektrum *F* fehlen, Zwerge vom Spektrum *F* sind verhältnismäßig selten; die Zwerge liegen mit geringer Streuung (wenig mehr als $\pm$ $^1/_2$ Größenklasse) auf *einer* Linie, mit der einen Ausnahme bei $M = 0^m\!.0$, Spektr. *A*8. Ganz ähnliche Besonderheiten weist das entsprechende Diagramm für die der Sonne nächsten Fixsterne auf.

Die Helsingforser Platten erfassen *vollständig* nur ein Gebiet von etwa 16 Quadratgrad, und zwar bis zur photographischen Größe $10^m\!.5$ hinab. Dementsprechend läßt sich die Häufigkeit der absoluten visuellen Helligkeiten nur bis zur absoluten Größe $+ 2^m$ verfolgen. Das folgende Täfelchen gibt die Anzahl der auf ein Intervall von 1^m entfallenden Sterne in jenem Feld.

mittl. M	− 4,3	− 3,6	− 2,4	− 1,3	− 0,4	+ 0,4	+ 1,4	+ 2,5	+ 3,2
Anzahl	1	7	7	3	6	7	10	5	2

Nehmen wir die Tiefe des Haufens im betrachteten Mittelfeld seiner seitlichen Ausdehnung entsprechend zu rund 10 parsec an, so erhalten wir als Mindestwert der räumlichen Dichte 0,7 Sterne/parsec^3, während die Dichte in der Nähe der Sonne kleiner als 0,01 ist. Die Häufigkeit der *M* hat zwischen $- 2^m$ und $- 1^m$ ein ausgeprägtes Minimum, wiederum ganz analog zu den Verhältnissen in der Nachbarschaft der Sonne; ein gleiches gilt übrigens auch für die Plejaden. Offenbar liegt dies an der Seltenheit der *F*-Zwerge. Demnach scheint es so, als ob die Entwicklung eines Sternes bei der entsprechenden Temperatur vergleichsweise schnell fortschritte; wobei noch zu beachten ist, daß gerade die Veränderlichen von δ Cephei-Art dieses Spektrum bevorzugen.

Mehr als 80 Sterne darf man zur Zeit zum bewegten Hyadenhaufen rechnen. Sie liegen über eine Fläche von etwa $16° \times 16°$ (entsprechend 11×11 parsec) verstreut. Die schwächeren gehören natürlich dem von den photographischen Aufnahmen erfaßten Mittelfeld an, aber auch die helleren drängen sich zur Mitte zusammen. Bis zur absoluten Helligkeit $- 2^m$ dürften jetzt alle Mitglieder bekannt sein.

Einige Fragen liegen nahe: Nimmt die Häufigkeit über $M = + 2^m$ hinaus noch zu? Welche Spektren haben die schwächsten Sterne, kommen dabei weiße Typen (Liliputaner), kommt der bisher bei keinem Zwerg beobachtete Typus *M*8 (*Mc*) vor? Die Grenzgröße der Aufnahmen um 2^m hinauszuschieben, würde keine Schwierigkeiten machen; auch die Spektren ließen sich bestimmen. Und sicher würde es sich auch lohnen, die Untersuchung auf ein größeres Feld auszudehnen.

Haas.

---

[1]) Die Sterne, die links der Linie $M = - 3^m\!.5$ (etwa) liegen, heißen „Riesen" (großes Volumen, geringe Dichte), die rechts davon „Zwerge" (geringes Volumen, große Dichte). Die „Übergiganten" sind heller als $- 5^m$ absolut (Beispiel: α Orionis).

N.G.C. 6822. A remote Stellar System. (E. HUBBLE, Astroph. Journ. 61, 409 und Mt. Wils. Contr. 304.) Das Gebilde liegt bei $19^h\ 40^m$ Rektaszension und $-12°$ Deklination. Seine galaktische Breite beträgt $-20°$. Es ist ein nur mit den stärksten Instrumenten auflösbarer ziemlich unregelmäßiger Sternhaufen von einer Ausdehnung von $20' \times 10'$ mit einem wesentlich dichteren Kern von $8' \times 3'$. In einem kleinen Instrument ist er leicht zu sehen, in einem großen Instrument fallen Einzelheiten des Kerns ins Auge, wogegen er in mittleren Instrumenten völlig unsichtbar bleibt.

Seit einer Reihe von Jahren wurde N.G.C. 6822 am 100zölligen Reflektor des Mt. Wilson eingehend untersucht und eine große Zahl von photographischen Aufnahmen wurde gewonnen. Das Gebilde hat große Ähnlichkeit mit den MAGELLANschen Wolken, ist unregelmäßig und zeigt keine Spur von spiraliger Struktur. Nur erscheint es wegen seiner größeren Entfernung erheblich kleiner.

In dem Haufen wurden bisher 15 veränderliche Sterne und 10 Nebelgebilde entdeckt. 11 von den 15 Veränderlichen entpuppten sich als Cepheiden, und es konnten von diesen recht zuverlässige Lichtkurven bestimmt werden. Die Perioden liegen zwischen 11 und 64 Tagen. Auf Grund der von SHAPLEY empirisch gefundenen Beziehung zwischen den absoluten Helligkeiten und den Perioden der Cepheiden konnte also aus der Differenz *absolute minus scheinbare Größe* die Entfernung festgelegt werden. Die einzelnen Veränderlichen des Haufens passen sich sehr gut der Perioden-Helligkeitbeziehung von SHAPLEY an. Der hellste Cepheid ($P = 64$ Tage) hat im Maximum die Helligkeit 17,45, der schwächste ($P = 11{,}77$ Tage) entsprechend 19,05.

Unter der Annahme, daß die SHAPLEYsche Beziehung allgemeine Gültigkeit besitzt und daß keine kosmische Absorption existiert, findet HUBBLE für das System die Entfernung von 214 000 Parsek oder 700 000 Lichtjahren. Die 4 Variablen, deren Perioden nicht ermittelt werden konnten, scheinen unregelmäßigen Charakter zu besitzen.

Auch die kleineren Nebel, die sich in N.G.C. 6822 befinden, wurden näher untersucht. Fünf von ihnen zeigen die Form diffuser galaktischer Nebel, die 5 anderen sind kleine kugelige Gebilde, deren Durchmesser mit der Exposition zunimmt und die sich an allen Teilen der Sphäre außerhalb der Milchstraße finden. Sie werden deswegen als „non galactic"-Typus (NG) bezeichnet.

Mittels des spaltlosen Spektrographen gelang es von 6 Objekten Spektra zu erhalten, nämlich von 4 diffusen und von 2 NG-Nebeln. Die diffusen zeigen ein reines Emissionsspektrum mit den Nebuliumlinien N_1 und N_2, den Balmer- und einigen Heliumlinien. Sie unterscheiden sich in nichts von den unregelmäßigen Nebeln unserer näheren Umgebung, z. B. dem Orionnebel. Die 2 NG-Nebel zeigen ein reines kontinuierliches Spektrum ohne eine Spur von Emission. HUBBLE macht den Versuch, sie als Kugelsternhaufen aufzufassen, wie sie auch an den MAGELLANschen Wolken vorkommen, findet aber, daß sie an Leuchtkraft wie an Dimension zu klein sind und hält es deswegen für wahrscheinlich, daß sie gewöhnliche NG-Nebel seien, die mit dem System N.G.C. 6822 nichts zu tun haben, sondern nur auf dieses projiziert sind.

Einige Sternabzählungen und statistische Untersuchungen führen zu dem Ergebnis, daß die hellsten dem Haufen physisch zugehörenden Sterne von der 16. Größe sind und daß ihre absolute Helligkeit der der hellsten Sterne unserer Umgebung gleichkommt (RIGEL und BETELGEUZE). Auch die relative Häufigkeit der absoluten Helligkeiten scheint ungefähr dasselbe Gesetz zu befolgen wie in unserem „local cluster". Ferner wurden durch Filteraufnahmen Farbenindices gewonnen, deren Reduktion allerdings noch nicht ganz fertiggestellt wurde. Jedenfalls ist sicher, daß die hellsten Sterne intensiv rot, die etwas lichtschwächeren Cepheiden gelb gefärbt sind, entsprechend den Verhältnissen in unserer Umgebung.

Das ganze Gebilde hat in den beiden uns zugänglichen Koordinaten die Dimension von 4000×2000 Lichtjahren, der Kern von 1600×600 Lichtjahren.

Es sei noch eine kurze Tabelle aller der extragalaktischen Objekte gegeben, deren Entfernung in den letzten Jahren auf ähnliche Weise bestimmt wurde wie bei N.G.C. 6822.

Objekt	Entfernung in Lichtjahren
Kleine MAGELLANsche Wolke .	100 000
Große MAGELLANsche Wolke .	110 000
N.G.C. 6822	700 000
Spiralnebel M31	925 000
M33	925 000
Andromedanebel	950 000

BOTTLINGER.

Aus Akademieberichten.

National Academy of Sciences of the U. S. A.

September 1925. Bd. 11, Nr. 9.

C. D. BEERS, *Encystierung und Lebenszyklus der Ziliate Didinium nasutum.* CALKINS meinte bewiesen zu haben, daß neben der Encystierung von Didinium als Abwehr gegen äußere schädliche Einflüsse noch eine andere Art von Einkapselung periodisch auftrete, die Verjüngung zur Folge hätte. MASTS Schüler BEERS fand, daß dies Ergebnis auf zu geringer Nahrungszufuhr beruhte, weiter, daß die Generationenzahl seit der letzten Konjugation ohne Einfluß auf die Bereitschaft zur Encystierung bleibe, daß Exkretionsprodukte von Paramaecien sie ganz verhindern, von Didinien sie dagegen hervorrufen. Wasserstoffionenkonzentrationen außerhalb des Gebietes p_H 6,4 und 8,0 hemmen sie, und auch das Alter von Heuaufgüssen ist von Einfluß. — S. SATINA und A. F. BLAKESLEE, *Studien über biochemische Unterschiede zwischen* (+)- *und* (−)-*Formen von Mucor.* Auf der Suche nach biochemischen Unterschieden der beiden Geschlechter bedienten sich die Verfasser an Mucor der Methode von GOSIO. Diese beruht auf der Fähigkeit der lebenden Zelle, Te- und Se-Salze zu absorbieren und sie zu ihren Elementen zu reduzieren. Einwandfreie Erfolge waren nicht zu verzeichnen. — TH. B. FROST, *Eine tetraploide Form von Citrus.* Unter den Sämlingen von Citrus treten neben den sexuell erzeugten Formen in hohem Prozentsatz apogame auf, und zwischen diesen zeigen sich hin und wieder besonders spätblühende und dickblättrige Exemplare. Während die haploide Chromosomengarnitur 9 beträgt, fand man hier nach der Reduktionsteilung die doppelte Anzahl. FROST hofft, hiervon ausgehend, zu einer triploiden Form zu gelangen, die vermutlich samenlos ist. — C. E. SEASHORE und M. METFESSEL, *Abweichung von der Regelmäßigkeit als*

ein Kunstprinzip. Indem die Verfasser die auf photographischem Wege gewonnenen Bilder von durch Künstler gesungenen Worten analysierten, machten sie die Feststellung, daß diese sowohl in bezug auf die Tonhöhe als auch Rhythmus und Tonstärke ein wenig vom Richtigen abwichen. In dieser das Gemüt bewegenden Abweichung vom Regelmäßigen sehen die Verfasser ein maßgebendes Prinzip der Kunst. — F. G. BENEDICT, *Hauttemperatur und Wärmeverlust.* Mittels einer Thermosäule konnte die Temperatur der menschlichen Haut unter verschiedenen Bedingungen mit einer Genauigkeit von 0,1% gemessen werden. Die rectale Temperatur betrug ca. 37° C, die Hauttemperatur dagegen bei Mädchen, die wohlzugedeckt Nachtruhe gehalten hatten, im Durchschnitt 33,2°; bei Studenten, die an kaltem Wintertage ins Laboratorium kamen, am Rumpf 31, an den Beinen 24—25°. Durch Entblößung von der Kleidung sank sie schnell auf 15°, wurde aber unter sonst gleichen Bedingungen durch Muskelarbeit auf 27,5° erhalten. Die Haut strahlt nach Dr. ABBOTS Beobachtungen wie ein schwarzer Körper, und die Hauttemperatur gibt mit der der Umgebung ein Maß für die ausgestrahlte Wärmemenge.

Oktober 1925. Bd. 11, Nr. 10.

F. G. BENEDICT und E. E. CROFTS, *Die Unveränderlichkeit des Grundumsatzes* (The fixity of basal-metabolism). Die Größe des Stoffwechsels, gemessen am Sauerstoffverbrauch, zeigte sich als praktisch gleich bei gesunden Personen, untersucht nach Bettruhe, 12 Stunden nach der letzten Mahlzeit und untersucht nach dem Aufstehen, 10—20 Minuten Spazierengehen, Treppensteigen und halbstündigem Ausruhen hiernach. — W. H. GATES, *Abstammung und Vererbung der japanischen Tanzmaus.* Die japanische Maus, die nichttanzende sowohl wie die Tanzmaus, stammt nicht, wie früher angenommen wurde, von der Hausmaus, Mus musculus, sondern von Mus Wagneri ab. Das bezeugte Auftreten der Tanzmaus im zentralasiatischen Gebiet von WAGNERS Maus, ehe die europäische Maus dort eingebürgert war, die Ähnlichkeit ihrer Körpermaße und ihrer Augenpigmentation sprechen dafür. Die Blut-Eiweißreaktionen und das Luxuriieren der Bastarde von Tanzmaus und Hausmaus machen deren nahe Verwandtschaft sehr unwahrscheinlich. In der F_2-Generation und bei der Rückkreuzung strebten die Eigenschaften der Tanzmaus bei mehr als 2400 Individuen danach, zusammenzubleiben, und zwar 5- und 6mal mehr als der wahrscheinliche Fehler betrug. — E. W. STEARN, B. F. STURDIVANT und A. E. STEARN, *Lebensgeschichte eines von Carcinomgewebe isolierten Mikroparasiten.* Zur Bestätigung und Erweiterung der Ergebnisse von YOUNG, LOUDEN und MC CORMACK, SCOTT u. a. berichten die Verfasser von Kulturmethoden und Wachstumsstadien eines Mikroorganismus, der ständig aus malignen, niemals aber aus gutartigen Geschwülsten gezüchtet werden konnte. Als Stoffwechselprodukt wurde Milchsäure nachgewiesen.

Aus Proc. Roy. Soc., London, A 759 und 750.

M. E. LAING, *The Composition of Soap Films.* Verf. findet durch direkte Analyse, daß die in den Seifenhäutchen angereicherte Substanz nicht freie Fettsäure ist, sondern eine saure Natriumseife der Zusammensetzung Na-Oleat · 0,61 Ölsäure. Die Resultate sind in Übereinstimmung mit W. BRAGGS Annahme (vgl. diese Zeitschr. 13, 346), daß der schwarze Fleck einer Seifenblase einer direkten Berührung der beiden adsorbierten Schichten entspricht; nur daß diese Schichten aus saurer Na-Seife, die wahrscheinlich hydratisiert ist, bestehen, statt aus freier Fettsäure. Die Stabilität dieser Schichten läßt sich jetzt auch viel leichter verstehen, da diese saure Na-Seife im Gegensatz zur flüssigen Ölsäure ein Kolloid darstellt. — E. H. BOOMER, *Experiments on the Chemical Activity of Helium.* Es werden Versuche beschrieben über intensive Elektronenentladungen eines Wolframdrahtes in Helium bei niedrigen Drucken, die zu der Annahme führen, daß eine wohldefinierte stabile Verbindung der Formel WHe_2 existiert; erwärmt man die Substanz, so beginnt ungefähr bei der Erweichungstemperatur des Glases das Helium plötzlich zu entweichen. Es scheint auch so, als ob Helium mit den Dämpfen von Quecksilber, Jod, Phosphor und Schwefel Verbindungen eingeht, die allerdings nur bei tiefen Temperaturen stabil sind.

Académie des sciences de Paris.

(Revue générale des sciences 36, Nr. 21 und 22.)

12. Oktober.

RISBEC, *Production de lumière par un Mollusque nudibranche de la Nouvelle-Calédonie.* Der Autor hat in der Bucht von Numea eine Molluske entdeckt, die während der Nacht bei der geringsten Erregung schnell nacheinander Serien von kurzen Lichtblitzen aussendet, die elektrischen Funken ähnlich sehen. Das Licht ist sehr weiß. Die Molluske wird vorläufig Triopa fulgurans genannt. — P. LASAREFF, *Sur le changement de la conductibilité du pourpre visuel au cours de l'éclairage.* Der Leitfähigkeitszuwachs, der durch Belichtung hervorgerufen wird, entspricht einer monomolekularen Reaktion im Sehpurpur. Im Dunkeln beobachtet man eine Verminderung der Leitfähigkeit, die durch den Einfluß eines schwarzen Pigmentes entsteht, das sich in der Pigmentschicht der Netzhaut vorfindet.

19. Oktober.

J. J. TRILLAT, *Sur une méthode permettant de suivre, au moyen des spectres de rayons X, la marche de certaines réactions chimiques (oxydation des acides gras non saturés).* Die Oxydation von ungesättigten Fettsäuren erfolgt durch sukzessive Addition stets gleicher Mengen Sauerstoff und ist von einer fast konstanten Verlängerung des Moleküles begleitet, die etwa 6—7 Ångström beträgt. Das Gebilde wird hierdurch instabil und neigt nun zur Polymerisation.

3. November.

C. FÉRY et C. CHÉNEVEAU, *Réaction secondaire dans la décharge des accumulateurs.* Die Autoren haben die Gewichtsveränderung der Akkumulatorplatten bei der Ladung und bei der Entladung gemessen. Die Ergebnisse widersprechen der Theorie der doppelten Sulfatation. Sie widersprechen auch der Theorie der Autoren und deuten auf das Dazwischentreten einer sekundären Reaktion hin, die in einer Reduktion des Bleisuperoxydes durch das Bleiion an der positiven Platte zu bestehen scheint. — H. GUILLEMARD, *Sur l'azotémie au cours du mal de montagne.* Eine bemerkenswerte Anreicherung stickstoffhaltiger Substanzen, die nicht Eiweißstoffe sind, im menschlichen Blute scheint mit der Krise der Bergkrankheit zusammenzufallen.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.